



ГЕОЛОГИЯ И МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ СИБИРИ

ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 3(35) ♦ 2018
Июль –
сентябрь

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

Редакционная коллегия

Свиньин В. Ф. (отв. редактор)
Брехунцов А. М., д.г.-м.н. (Тюмень)
Герт А. А., д.э.н. (Новосибирск)
Добрецов Н. Л., акад. РАН (Новосибирск)
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.-корр. РАН (Москва)
Похиленко Н. П., акад. РАН (Новосибирск)
Птицын А. Б., д.г.-м.н. (Чита)
Сейфуль-Мулюков Р. Б., д.г.-м.н. (Москва)
Старосельцев В. С., д.г.-м.н., проф., зам. главного редактора (Новосибирск)
Старосельцев К. В., к.г.-м.н., отв. секретарь (Новосибирск)
Тригубович Г. М., д.т.н., проф., зам. главного редактора (Новосибирск)
Шин Е. Ч., проф. (Инчхон, Республика Корея)
Элов 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)
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.-корр. РАН (Новосибирск)
Краснов В. И., к.г.-м.н. (Новосибирск)
Ларичев А. И., к.г.-м.н. (Санкт-Петербург)
Мигурский А. В., д.г.-м.н. (Новосибирск)
Неволько А. И. (Новосибирск)
Рыльков С. А., к.г.-м.н. (Екатеринбург)
Сальников А. С., д.г.-м.н. (Новосибирск)
Смирнов Е. В., к.г.-м.н. (Новосибирск)
Смирнов М. Ю., к.г.-м.н. (Красноярск)
Филипцов Ю. А., д.г.-м.н. (Красноярск)
Черных А. И., к.г.-м.н. (Москва)
Филатов В. В., д.ф.-м.н. (Новосибирск)
Шиганова О. В., к.г.-м.н. (Новосибирск)
Шпильман А. В., к.г.-м.н. (Тюмень)
Шурыгин Б. Н., чл.-корр. РАН (Новосибирск)

Редакция

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

Содержание

Региональная геология, стратиграфия, тектоника

В. И. Тихоненко. Опыт геологического картирования разрывных нарушений в фундаменте и чехле Западно-Сибирской плиты (ХМАО, нижнее течение р. Вах)..... 3
Ф. И. Жимулев, Дж. Гиллеспи, С. Глорие, А. В. Котляров, Е. В. Ветров, Й. Де Граве. Возраст и палеотектоническая обстановка девонского вулканизма Кольвань-Томской складчатой зоны по данным датирования детритовых цирконов митрофановской свиты..... 13

Нефтегазовая геология

С. А. Моисеев, А. М. Фомин, Д. В. Маслов. Перспективы нефтегазоносности и оценка ресурсов ботуобинского горизонта на востоке Центрально-Тунгусской (Сюдджерской) НГО Республики Саха (Якутия) 25
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 35

Геофизика, геофизическое приборостроение

О. Г. Садур, Е. Ю. Гошко. Трехмерные плотностная и магнитная модели по фрагменту опорного геолого-геофизического профиля 1-СБ 43

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..... 54

Минерагеня, рудные и нерудные полезные ископаемые

А. И. Гусев, Е. М. Табакаева. Дмитриевская магмо-рудно-метасоматическая система северной части Горного Алтая..... 65

Поиски и разведка МПИ

В. Ф. Крашенинин. Алгоритм дешифрирования аэрофотоснимков для выявления закономерностей торфонакопления в Тарском Приирышье 76

Экономика и управление

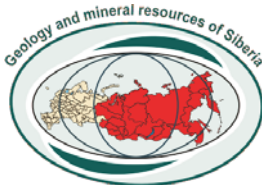
М. Ю. Харитонова, Н. А. Мацко. Логистическая модель для экспресс-оценки темпов воспроизводства минерально-сырьевой базы золота в России..... 81

Гипотезы и дискуссионные материалы

В. С. Старосельцев. Проблема стабильности расположения континентов или их перемещения по планете Земля 86

Персоналии

К 90-летию Владимира Васильевича Жабина 92
К 90-летию со дня рождения Владимира Евгеньевича Савицкого 94
К 90-летию со дня рождения Василия Ивановича Бгатова 104
Наши авторы 110



GEOLOGY AND MINERAL RESOURCES OF SIBERIA

QUARTERLY SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

N 5(35) ♦ 2018
July –
September

Editor
DSc A.I. Varlamov

Editorial board:

Svinyin V.F. (executive editor)
Brekhtunsov A.M., DSc (Tyumen)
Gert A.A., DSc (Novosibirsk)
Dobretsov N.L., acad. RAS (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)
Staroseltsev K.V., PhD, executive secretary (Novosibirsk)
Staroseltsev V.S., DSc, prof., associated editor (Novosibirsk)
Trigubovich G.M., DSc, prof., associated editor (Novosibirsk)
Shin E.Ch., PhD, Prof. (Incheon, Republic of Korea)
Zainitdinov Kh., DSc (Tashkent, Uzbekistan)

Editorial council:

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

Editorial staff

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

Content

Regional Geology, Stratigraphy, Tectonics

V.I.Tikhonenko. Experience of geological mapping of rupture dislocations in the basement and cover of the West-Siberian Plate (KHMAO, the Vakh lower current)..... 3
F.I.Zhimulev, J.Gillespie, S.Glorie, A.V.Kotlyarov, E.V.Vetrov, J.De Grave. Age and paleotectonic setting of the Devonian volcanism of the Kolyvan-Tomsk folded zone, insights from detrital zircon geochronology of the Mitrofanovskaya Formation 13

Petroleum Geology

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) 25
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 35

Geophysics, Geophysical Industry

O.G.Sadur, E.Yu.Goshko. Three-dimensional density and magnetic models on the fragment of the base geological-geophysical profile 1-SB 43

Lithology, Petrography, Mineralogy, Geochemistry

V.S.Zykina, A.O.Volvakh, V.S.Zykin, N.E.Volvakh. Structural features of the Upper-Pleistocene loess-soil sequence of the Kolyvan Knap in the Predaltai Plain..... 54

Minerogenesis, ore and non-metallic mineral resources

A.I.Gusev, E.M.Tabakaeva. Dmitrievskaya magma-ore-metasomatic system of the northern part of Gornyy Altai 65

Prospecting and Exploration for Mineral Deposits

V.F.Krasheninin. Algorithm of aerial-photo interpretation to identify peat accumulation regularities in the Tara Priirtyshye 76

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 81

Controversial Issues and Hypotheses

V.S.Staroseltsev. Problem of the continents location stability or their movement through the Earth planet 86

Personalia

To the 90th anniversary of Vladimir Zhabin 92
To the 90th anniversary of Vladimir Savitskiy 94
To the 90th anniversary of Vasiliy Bgatov 104
Our authors 111



ОПЫТ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ В ФУНДАМЕНТЕ И ЧЕХЛЕ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ (ХМАО, НИЖНЕЕ ТЕЧЕНИЕ Р. ВАХ)

В. И. Тихоненко

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

В процессе составления комплекта карт ГГК-200/2 закартирована сеть разнонаправленных прямолинейных разрывных нарушений, выходящих на дневную поверхность и интерпретируемых как субвертикальные сколовые трещины, связанные с горизонтальными сдвигами в фундаменте и чехле Западно-Сибирской плиты. Эти трещины скола являются отражением структурообразующих разломов, отвечают деталям строения как фундамента, так и чехла плиты, оказывают влияние на процессы миграции, аккумуляции и консервации (сохранность) залежей углеводородов. Сколы показаны графически на четырех гипсометрических уровнях: поверхность фундамента плиты (сейсмоотражающий горизонт «А»); подошва баженовской свиты (сейсмоотражающий горизонт «Б»); подошва кузнецовской свиты (сейсмоотражающий горизонт «Г»); поверхность современного рельефа. Высказано предположение, что разнонаправленные и разновозрастные разрывные нарушения постоянно подновлялись под воздействием ротационных широтных и долготных напряжений в земной коре неравномерно вращающейся планеты. Признаки проявления их активизации на платформенном этапе развития территории, включая квартал, позволяют рассматривать эти системы разломов как долгоживущие.

Ключевые слова: Западная Сибирь, р. Вах, фундамент, чехол, разломы, нефтегазоносность.

EXPERIENCE OF GEOLOGICAL MAPPING OF RUPTURE DISLOCATIONS IN THE BASEMENT AND COVER OF THE WEST-SIBERIAN PLATE (KHAMAO, THE VAKH LOWER CURRENT)

V. I. Tikhonenko

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

In the process of drawing up a GGK-200/2 map set, a network of multidirectional rectilinear rupture dislocations outcropping and interpreted as subvertical shear fractures associated with horizontal shifts in the basement and cover of the West Siberian Plate. These shear fractures are a reflection of structure-forming faults. They correspond to the structure details of both the plate's basement and cover and influence processes of migration, accumulation and conservation (preservation) of hydrocarbon deposits. The shears are shown graphically at four hypsometric levels of: the plate's basement surface (seismic reflecting horizon «A»); the bottom of the Bazhenovskaya Formation (seismic reflecting horizon «B»); the bottom of the Kuznetsovskaya Formation (seismic reflecting horizon «G»); the modern relief surface. The suggestion is made that multidirectional and uneven-aged rupture dislocations were constantly updated under the influence of rotational latitudinal and longitude stresses in the crust of the non-uniformly rotating Earth. Evidence of their activation at the platform stage of the area's development, including the Quarternary, allows us to consider these systems of faults as long-lived ones.

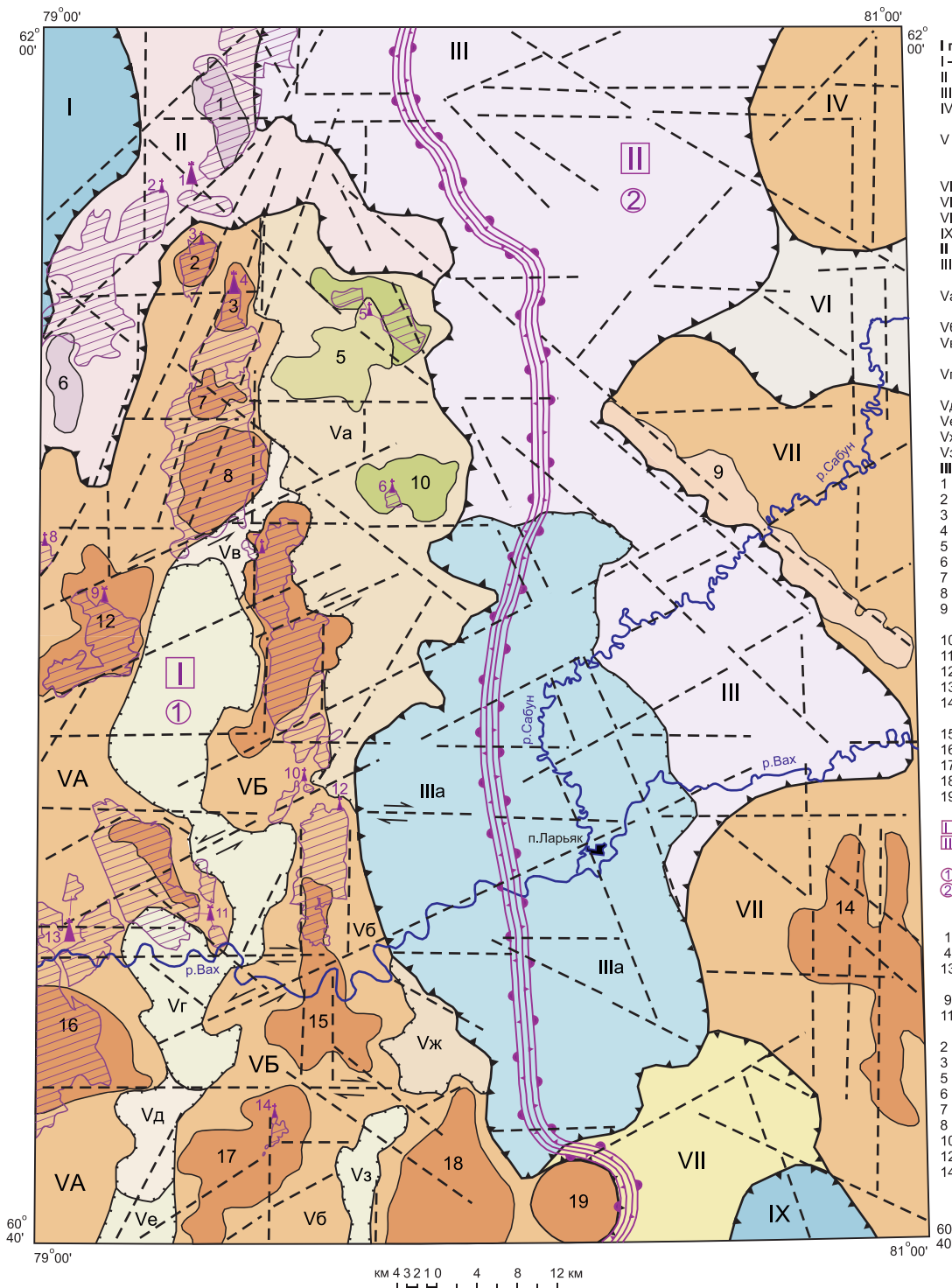
Keywords: West Siberia, the Vakh, basement, cover, faults, oil-and-gas content.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-3-3-12

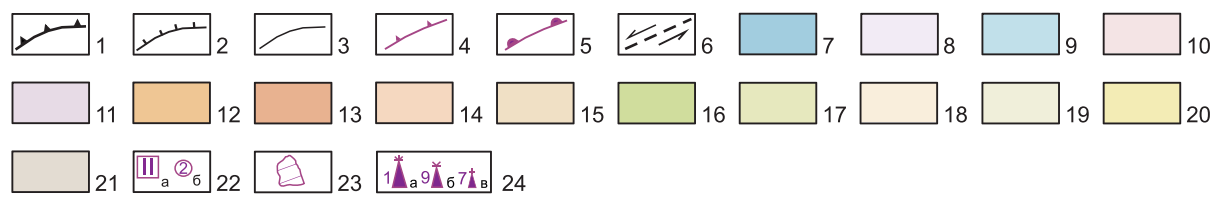
Геологическое картирование проведено в процессе составления комплекта карт ГГК-200/2 (листы Р-44-XX, XXI, XXVI, XXVII) на площади, расположенной на востоке Ханты-Мансийского автономного округа и ограниченной координатами 79–81° в. д. и 60°40'–62° с. ш.

Район находится в центральной части Западно-Сибирской равнины в нижнем течении р. Вах (правый приток р. Обь), пересекающей южную часть изучаемой территории с востока на запад. С севера в пределах площади в р. Вах впадает ее наиболее крупный приток (р. Сабун с притоками), а также многочисленные мелкие речки и ручьи с обоих бортов долины. Для всех рек характерны небольшие уклоны, низкая скорость течения, большая извилистость русел.

Местность представляет собой обширную слабо расчлененную равнину с абсолютными отметками высот в долине р. Вах 43–59 м. Поверхность рельефа полого воздымается к северу до 100–110 м, являясь южным склоном Верхнетазовской возвышенности. Южная часть территории и ее северо-западный угол выделяются сухим возвышенным холмисто-увалистым рельефом так называемых Вахского и Аганского материков с абсолютными отметками 80–121 м на юге и 80–128 м на северо-западе соответственно. Значительную часть территории (42 %) занимают болота преимущественно верхового и переходного типов. В окружении болот много озер площадью более 1 га, наиболее крупные – Тормэмтор (площадь более 100 км²), Сихты-эмтор, Эллепухыльэмтор и др. Руслу многочислен-



- Тектонические элементы**
- I порядка**
- I – Толькинский мегапрогиб
 - II – Хохряковская мегаседловина
 - III – Ларьяганский мегапрогиб
 - IV – Верхнекаралькинский мегавал
 - V – Александровский мегавал
 - VA – западный блок
 - VB – восточный блок
 - VI – Сосновоборская седловина
 - VII – Пылькаралькинский мегавал
 - VIII – Линейная мегаседловина
 - IX – Усть-Тымская мегавпадина
- II порядка**
- IIIa – Ларьянская унаследованно-наложенная впадина
 - Va – Восточно-Хохряковская терраса
 - Vб – Междуреченский вал
 - Vв – Памьоглохэмторская седловина
 - Vг – Восточно-Кошильский прогиб
 - Vд – Трайгородская седловина
 - Ve – Тормэмторская ложбина
 - Vж – Котальганская терраса
 - Vз – Березовая ложбина
- III порядка**
- 1 – Куивонтьеганский вал
 - 2 – Окуневский выступ
 - 3 – Молкоиголский вал
 - 4 – Маракиголэмторский вал
 - 5 – Маракиголэмторская впадина
 - 6 – Ай-Ульеганский вал
 - 7 – Энтель-Ульеганский купол
 - 8 – Сарымамторский купол
 - 9 – Ватенгурьский линейный прогиб
 - 10 – Котынгэмторский вал
 - 11 – Ай-Сихтинэмторский вал
 - 12 – Ай-Кулымторский купол
 - 13 – Иголэмторский вал
 - 14 – Элпелухымэмторское поднятие
 - 15 – Лукпайский вал
 - 16 – Болотинский выступ
 - 17 – Ай-Чендыхганский вал
 - 18 – Маловатгганский мыс
 - 19 – Озерный купол
- Нефтегазопосные области**
- I – Васюганская
 - II – Пайдугинская
- Нефтегазоносные районы**
- 1 – Александровский
 - 2 – Пыль-Караминский
- Месторождения нефти**
- Крупные**
- 1 – Северо-Хохряковское
 - 4 – Хохряковское
 - 13 – Вахское
- Средние**
- 9 – Коликьганское
 - 11 – Кошильское
- Мелкие**
- 2 – Вонтерское
 - 3 – Окуневское
 - 5 – Котынгеганское
 - 6 – Литваковское
 - 7 – Пермьяковское
 - 8 – Южно-Энеторское
 - 10 – Кирское
 - 12 – Коттынское
 - 14 – Люкпайское



ных рек и ручьев дренируют территорию, обычно среди болот они сопровождаются зонами осушения поверхности рельефа. Иногда в результате донной и боковой эрозии в руслах рек это приводит к «сливам» озер в реки. В районе нижнего течения р. Сабун отмечаются участки с чередованием параллель-

но ориентированных низких гряд и заболоченных межгрядовых понижений, характеризующих зоны приповерхностных дислокаций высокоградиентных неотектонических движений.

Район относится к геологически закрытому типу. Глубина геологического изучения определя-

Рис. 1. Тектоническая карта нижнего течения р. Вах с элементами нефтегазоносности чехла Западно-Сибирской плиты. Листы: Р-44-XX, XI, XXVI, XXVII (за основу принят фрагмент «Тектонической карты центральной части Западно-Сибирской плиты» под ред. В. И. Шпильмана и др., 1998)

1–5 – границы: 1 – тектонических элементов I порядка, 2 – тектонических элементов II порядка, 3 – тектонических элементов III порядка, 4 – нефтегазоносных областей, 5 – нефтегазоносных районов; 6 – генерализованные прямолинейные линейные элементы поверхности фундамента и направления смещений по ним; 7–21 – мегаструктуры I порядка и входящие в них структуры II и III порядков: 7 – мегапрогибы, 8 – мегапрогибы не районированные; 9–10 – элементы внутреннего районирования мегапрогибов: 9 – впадины, ложбины, котловины II порядка, 10 – мегаседловины не районированные; 11–12 – элементы внутреннего районирования мегаседловин: 11 – валы III порядка, 12 – мегавалы не районированные; 13–14 – элементы внутреннего районирования мегавалов: 13 – валы, купола, поднятия III порядка, 14 – впадины, прогибы III порядка; 15 – террасы II порядка; 16–17 – элементы внутреннего районирования террас II порядка: 16 – валы III порядка, 17 – впадины, ложбины III порядка; 18 – седловины II порядка; 19 – прогибы, впадины II порядка; 20–21 – мегаседловины: 20 – мегапрогибов, 21 – мегавалов; 22 – номера нефтегазоносных областей (а) и районов (б) Западно-Сибирской НГП; 23 – вертикальные проекции залежей углеводородов с подсчитанными запасами в отложениях чехла платформы; 24 – месторождения нефти и их номера: а – крупные, б – средние, в – мелкие

лась глубиной пробуренных скважин и возможностями геолого-геофизических методов исследований.

В геолого-структурном отношении площадь располагается в центральной части Западно-Сибирской плиты, имеющей трехъярусное строение [3].

К нижнему ярусу (собственно фундаменту) относится структурно-вещественный комплекс, сложенный метаморфизованными и дислоцированными породами раннего – среднего палеозоя. Он сформировался в два этапа: ранний (ордовик – девон) и поздний (карбон – пермь).

К промежуточному раннемезозойскому ярусу, занимающему среднее положение между нижним складчатым фундаментом и верхним платформенным чехлом, относятся вулканогенно-осадочные отложения раннего – среднего триаса, образовавшиеся преимущественно в пределах погруженных грабенообразных блоков.

Верхний структурный ярус (платформенный чехол) сложен полого залегающими, большей частью рыхлыми осадками мезозойско-кайнозойского возраста, перекрывающими с угловым и стратиграфическим несогласием структурно-вещественные комплексы доюрского фундамента на глубине 2500–3300 м [6].

Степень изученности сейсморазведочными работами методом отраженных волн (МОВ) и в модификации общей глубинной точки (МОГТ) 2D разного масштаба западной части территории (листы Р-44-XX, XXVI) очень хорошая, бурением – хорошая; восточной (листы Р-44-XXI, XXVII) – удовлетворительная и плохая соответственно.

В платформенном чехле в результате работ МОВ и МОГТ выделены три основные опорные волны. В подошве мезозоя региональная отраженная волна с индексом «А» представляет собой поверхность несогласия. Эта волна разделяет подошву мезозойско-кайнозойского чехла и кровлю доюрского фундамента. Как региональный репер уверенно прослеживается волна, связанная с горизонтом «Б» – подошва баженовской свиты нерасчлененных отложений верхней юры – нижнего мела ($J_3-K_1b\check{z}$), которая служит опорой для структурных построений

по платформенному чехлу. По подошве кузнецовской свиты верхнего мела (K_2kz) прослеживается волна «Г».

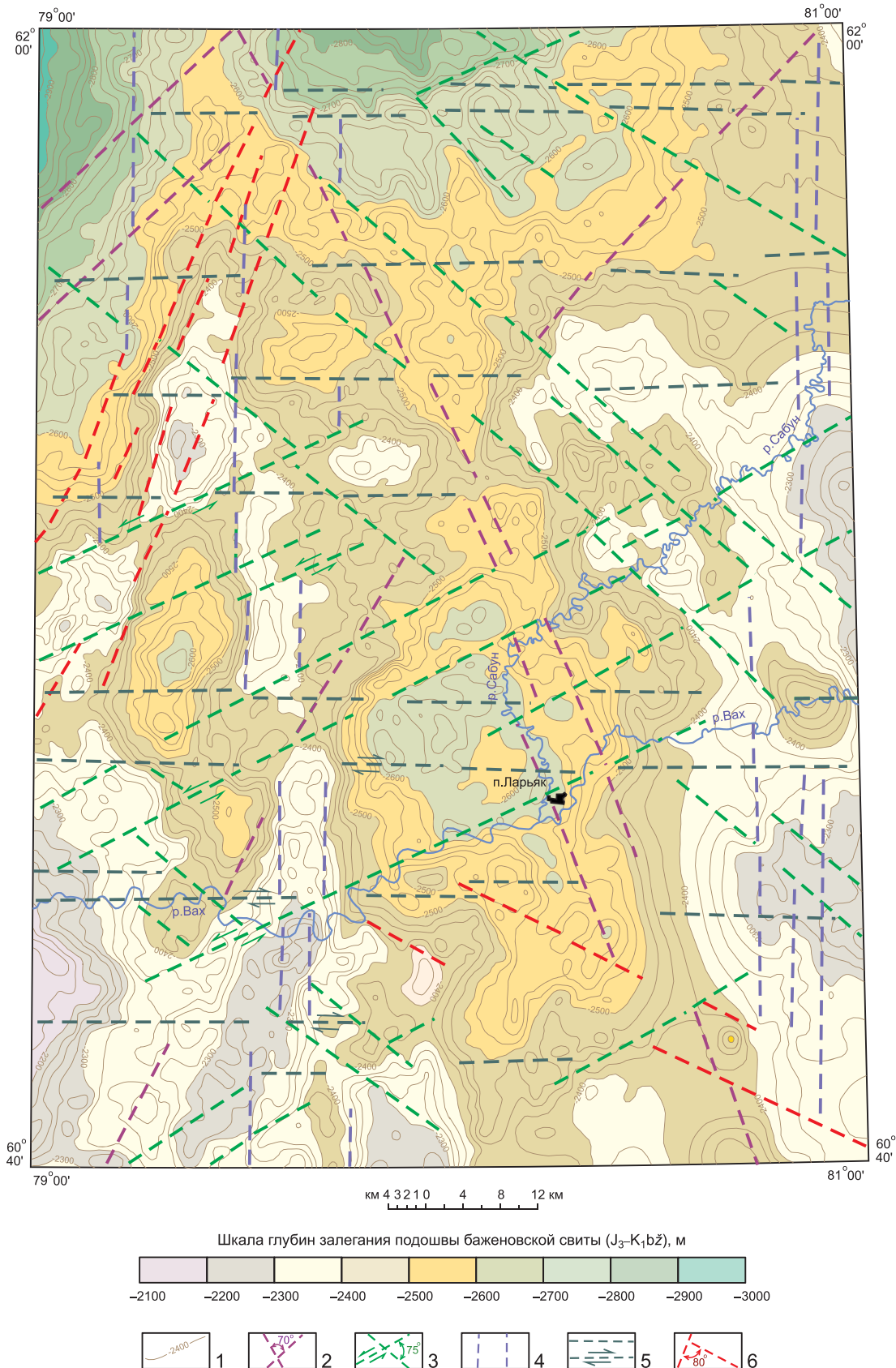
По горизонтам «А», «Б» и «Г» в 2008 г. в НАЦ РН им. А. В. Шпильмана составлены сводные схемы м-ба 1:500 000 (сечение изолиний 25 м). Фрагменты этих схем использованы в данной работе при составлении рис. 1–3.

В результате сейсморазведочных исследований изучен структурный план осадочного чехла и верхов доюрского фундамента, выявлен и подготовлен к бурению ряд локальных структур III порядка, в пределах которых на описываемой территории открыто 14 месторождений углеводородов, в том числе три крупных и два средних (см. рис. 1).

Согласно схеме нефтегеологического районирования ХМАО-Югры картируемая территория расположена на границе Александровского и Пыль-Караминского нефтегазоносных районов (см. рис. 1) и входит в состав Западно-Сибирской НГП [1].

Территория представлена зоной сочленения Колтогорско-Уренгойского грабен-рифта, Александровского и Пыль-Караминского поднятий, разделенных Ларъеганским и Усть-Тымским прогибами [6, 7].

Тектонический контакт, отделяющий Колтогорско-Уренгойский блок от Александровского в пределах территории, отражен в большинстве характеристик наблюдаемых и трансформированных аномальных потенциальных полей, а также в рельефе поверхности фундамента. Контакт Александровского блока с Усть-Тымским и Пыль-Караминским не столь очевиден. Он выражен в рельефе поверхности фундамента, но хорошо прослеживается в меридиональном направлении лишь в морфологии наблюдаемого поля силы тяжести, особенно в его региональной составляющей. Характер гравитационного и магнитного полей дает основание предполагать здесь наличие границы раздела блоков с различными физическими свойствами, которая приурочена к гравитационной ступени, проходящей примерно по меридиану $79^{\circ}55'$ в. д. Эта ступень, по-видимому, обусловлена резкой сменой пород, слагающих фундамент в западном и восточном блоках.



Структурный план по отражающему горизонту «А» характеризует морфологию кровли доюрского фундамента и представляет собой дифференцированную поверхность, осложненную разрывными нарушениями различного ранга и простираения. Структурный план фундамента во многом опреде-

ляет развитие структур мезозойско-кайнозойского чехла.

На представленной тектонической карте нижнего течения р. Вах (см. рис. 1) тектоническое районирование мезозойско-кайнозойского чехла, терминология и названия тектонических элемен-

Рис. 2. Структурная схема м-ба 1:500 000 (А. В. Волков и др., 2010) по подошве баженовской свиты, нерасчлененных отложений верхней юры – нижнего мела $J_3-K_1b\check{z}$ (сейсмоотражающий горизонт «Б») в чехле Западно-Сибирской плиты с элементами разрывной тектоники. Нижнее течение р. Вах, листы Р-44-XX, XI, XXVI, XXVII

1 – изолинии подошвы баженовской свиты и их абсолютные отметки; 2–6 – генерализованные прямолинейные линеаменты (см. рис. 1), интерпретируемые как субвертикальные сколовые трещины в фундаменте и чехле плиты, возникшие: 2 – как диагональные системы сколов в результате меридионального сжатия, 3 – в результате широтного направления сжатия; система: 4 – субпараллельных меридиональных трещин, 5 – широтных трещин и направления смещений по ним, 6 – диагональных сколов, возникших в результате растяжения по медиане с аз. $310-315^\circ$ и связанных, вероятно, с тектоническими процессами формирования Колтогорско-Уренгойского грабен-рифта

тов и структур I и II порядка даны в соответствии с работой [7]. Карта построена по подошве мезозойско-кайнозойского чехла с учетом морфологии вышележащих отражающих сейсмических горизонтов. В некоторых местах нами уточнены границы структур II порядка, а также добавлены структуры III порядка и закартированные прямолинейные линеаменты.

Сопоставление структурных карт по отражающим сейсмическим горизонтам «А», «Б» и «Г» в составе мезозойско-кайнозойских отложений (см. рис. 1–3) свидетельствует об унаследованности структурных планов фундамента в отложениях чехла от древних образований к более молодым со значительным выполаживанием структур вверх по разрезу и смещением отдельных структурных элементов. Так, по подошве баженовской свиты амплитуды Толькинского мегапрогиба, Хохряковской мегаседловины, Александровского мегавала и Ларьеганского мегапрогиба уменьшаются по сравнению с амплитудами подошвы платформенного чехла: от 325 до 225 м, от 400 до 200 м, от 550 до 325 м, от 725 до 500 м соответственно. Амплитуды этих же структур по подошве кузнецовской свиты составили 75 м, 175 м, 275 м и 225 м соответственно.

При этом в подошве баженовской свиты нерасчлененных отложений верхней юры – нижнего мела ($J_3-K_1b\check{z}$) на глубинах 2200–2900 м достаточно отчетливо просматриваются практически все основные морфоструктуры, отмеченные в подошве осадочного чехла на глубинах 2400–3600 м. В подошве кузнецовской свиты верхнего мела (K_1kz) на глубинах 600–1100 м видны уже размытые очертания морфоструктур I и II порядков. Отчетливо прослеживаются лишь гребни Александровского и Междуреченского валов II порядка, а в их пределах с трудом распознаются расплывчатые контуры валов III порядка (см. рис. 2, 3).

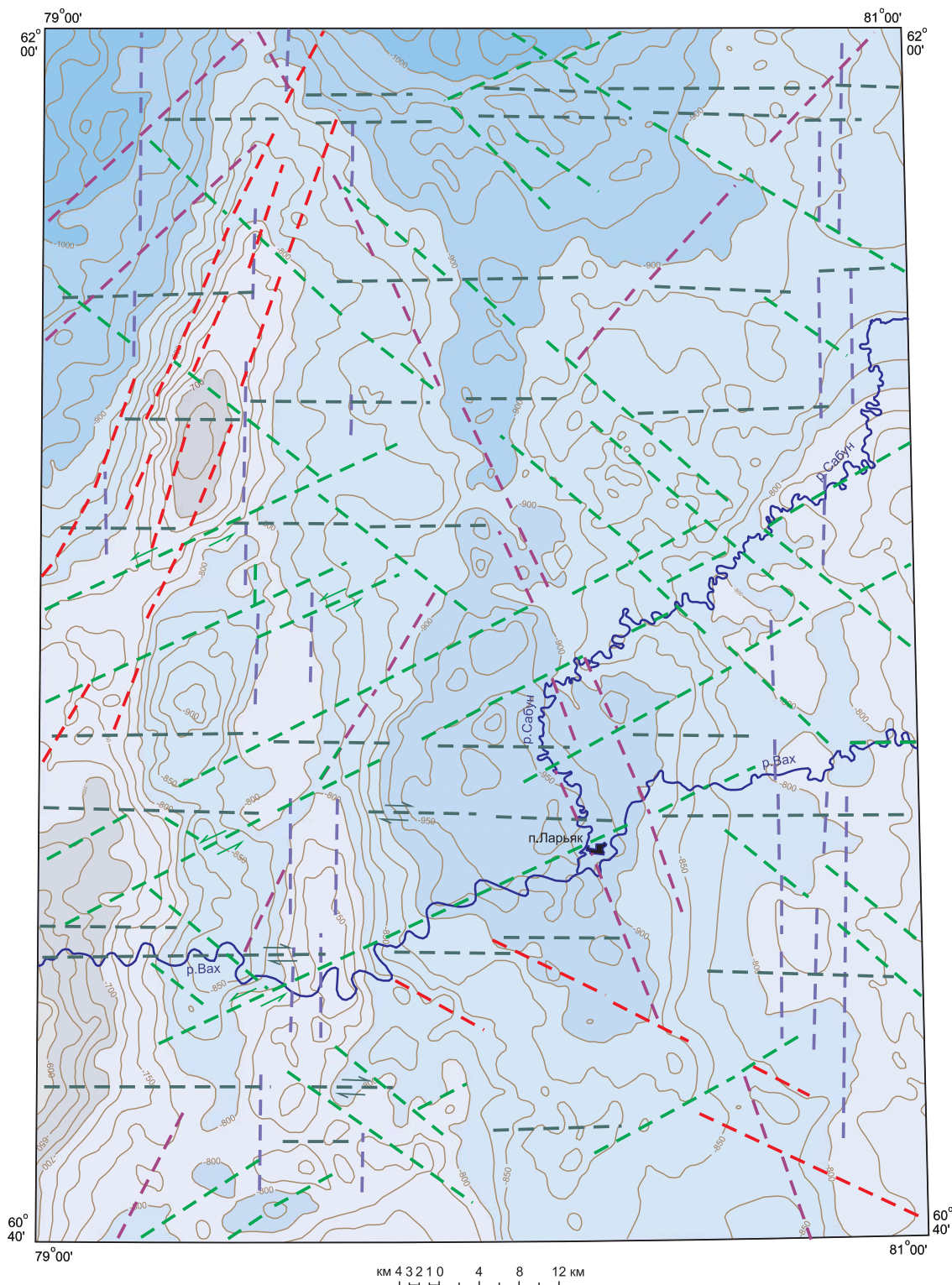
Установлено, таким образом, что положительные и отрицательные морфоструктурные элементы, выделенные в подошве чехла по горизонту «А», в сглаженной форме прослеживаются в юрских (горизонт «Б») и меловых (горизонт «Г») отложениях, а некоторые из них слабо выражены и на дневной поверхности. Это показывает, что структурные планы по разновозрастным отложениям мезо-кайнозоя совпадают, а тектонические движения проявлялись в течение всего этого времени, но интенсивность их постепенно затухала.

Прямолинейные линеаменты (прямолинейные элементы ландшафта и (или) геологического субстрата), показанные на карте, отвечают деталям строения как фундамента, так и чехла. Выделены они по результатам анализа физических полей, дешифрирования структурных схем по отражающим сейсмическим горизонтам «А», «Б» и «Г», топографических карт м-ба 1:200 000 и дистанционной основы ДО-200/2.

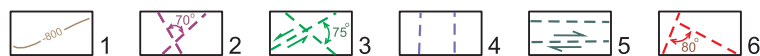
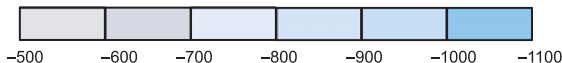
При выделении каждого линеамента учитывались прежде всего его пространственное положение и ориентировка относительно осей зон повышенных градиентов, а также осей аномалий остаточного поля ΔG_a и ΔT_a (положительных и отрицательных). Линеаменты, определенные по геофизическим данным, обычно совпадают с таковыми, дешифрируемыми в рельефе фундамента (отражающий горизонт «А») и связанными с предполагаемыми разломами. Такие линеаменты, в свою очередь, часто совпадают с разрывными нарушениями, выделенными по сейсморазведке и промысловым исследованиям скважин, а также с прямолинейными линеаментами, дешифрируемыми в рельефе чехла сейсмических горизонтов «Б», «Г» и дневной поверхности рельефа на топографических картах и дистанционной основе ДО-200/2.

Определенные таким образом прямолинейные линеаменты, которые мы интерпретируем как субвертикальные сколовые трещины, связанные с горизонтальными перемещениями вдоль них в фундаменте и чехле Западно-Сибирской плиты, графически показаны в пределах площади как одни и те же разрывы на четырех гипсометрических уровнях: 1) поверхность фундамента плиты – ОГ «А» (см. рис. 1); 2) подошва баженовской свиты – ОГ «Б» (см. рис. 2); 3) подошва кузнецовской свиты – ОГ «Г» (см. рис. 3); 4) поверхность современного рельефа (рис. 4).

Сопоставление плана предполагаемых разрывов в фундаменте по геофизическим данным и материалов дешифрирования рельефа фундамента по ОГ «А» с результатами дешифрирования рельефа подошвы баженовской свиты (ОГ «Б») показало высокую степень сходства простирающихся разрывных нарушений, пронизывающих складчатое основание и влияющих на ориентировку, ограничения и сдвиги морфоструктур фундамента, доюрской части разреза и верхов юрского интервала осадочного чехла (см. рис. 2).



Шкала глубин залегания подошвы кузнецовской свиты (K₂kz), м



Это сходство проявляется и в подошве кузнецовской свиты верхнего мела (ОГ «Г»), но менее заметно. Здесь отчетливо просматривается лишь раздвоенный гребень Александровского мегавала, разделенный в меридиональном направлении Восточно-Кошильским прогибом. Оба они, в свою очередь,

расчленены на ряд крупных блоков фрагментами узких ложбин, генетически обусловленных, вероятно, разрывными нарушениями: северо-восточного простирания – с левыми, а широтного – с правыми сдвигами. Достаточно уверенно прослеживается восточная субмеридиональная линейная грани-

Рис. 3. Структурная схема м-ба 1:500 000 (А. В. Волков и др., 2010) по подошве кузнецовской свиты верхнего мела K_2kz (сейсмоотражающий горизонт «Г») в чехле Западно-Сибирской плиты с элементами разрывной тектоники. Нижнее течение р. Вах, листы Р-44-XX, XI, XXVI, XXVII

1 – изолинии подошвы кузнецовской свиты и их абсолютные отметки; 2–6 – генерализованные прямолинейные линеаменты и направления смещений по ним, интерпретируемые как субвертикальные сколовые трещины в фундаменте и чехле плиты (см. рис. 1, 2), выходящие на поверхность современного рельефа

ца распространения гребней Александровского и Междуреченского валов II порядка. Эта граница, вероятно, генетически обусловлена наиболее ранними разрывными нарушениями меридионального простиранья. Восточнее отчетливо просматривается также меридионально ориентированный тальвег Ларьеганского мегапрогиба (см. рис. 3).

На дневной поверхности современного рельефа морфоструктуры фундамента и осадочного чехла сколь-либо заметно не выражены, а выявление разрывных нарушений здесь ввиду малых амплитуд вертикальных перемещений по разрывам требует достаточно тонкого анализа взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов. Это обусловлено тем, что основная часть описываемой территории сложена пологозалегающими рыхлыми породами, мало различающимися по физическим свойствам, а для ее поверхности характерна выровненность рельефа и интенсивная заболоченность водораздельных пространств. Активизация движений по разрывным нарушениям здесь приводит к образованию ослабленных зон. Экзогенные процессы, прежде всего эрозия, осваивают эти зоны, и они со временем приобретают свойственную дизъюнктивным нарушениям прямолинейность узких ложбин, дренируемых реками.

Наш опыт показал, что наиболее характерные признаки проявления в рельефе разрывных нарушений для данной территории – это прямолинейные участки речных долин и отрезков русел; коленчатые (под углом около 90°) изгибы русел; строго параллельные водотоки и водотоки, текущие по одной линии (один на продолжении другого); резко асимметричные долины. Орографические признаки нарушений – также прямолинейные уступы и гребневидные прямолинейные водоразделы. На ДО-200/2 просматриваются прямолинейные границы разнотипных ландшафтов, цепочки линейно ориентированных островов на фоне заболоченной местности, линейные лесистые полосы среди болотных массивов и, напротив, темные увлажненные полосы почвы на фоне осушенной местности и др.

Наиболее простой, эффективный и с минимальным влиянием человеческого фактора метод выявления разрывных нарушений в рельефе данной территории, по нашему опыту, – перенос с топографических карт на схему дешифрирования границ распространения болот, озер и русел рек, а в отдельных местах и сухих возвышенных участков территории, как это показано на рис. 4.

Таким образом, при совмещении электронных схем результатов дешифрирования физических по-

лей, схем отражающих сейсмических горизонтов «А», «Б» и «Г», геоморфологических особенностей поверхности рельефа на топографических картах и ДО-200/2 установлено хорошее совпадение выделенных прямолинейных линеаментов, находящихся на разных гипсометрических уровнях, по местоположению и простиранью. Это возможно лишь в том случае, если линеаменты представляют собой прямолинейные субвертикально ориентированные разрывные нарушения в фундаменте, пронизывающие чехол и выходящие на дневную поверхность.

Достоверность обнаруженных разрывных нарушений в фундаменте и чехле плиты существенно повышается при сопоставлении их с положением залежей с подсчитанными запасами углеводородов, открытых в результате геолого-разведочных работ в отложениях осадочного чехла. В свою очередь, в процессе проведения геолого-разведочных работ и эксплуатации месторождений установлено, что разрывные нарушения контролируют контуры многих найденных в рассматриваемом районе залежей углеводородов (см. рис. 1), а также влияют на важнейшие особенности их разработки – охват заводнением, темпы выработки запасов, текущую нефтеотдачу и т. д.

По направлениям простиранья сколовые трещины подразделяются на субмеридиональные, субширотные, северо-восточные (азимуты простиранья $20-25^\circ$, $45-50^\circ$ и $60-65^\circ$), северо-западные (295° , 310° , $335-340^\circ$). Среди них отчетливо проявляются системы взаимно пересекающихся диагональных сколов. Наблюдаемая картина близко подобна результатам физического моделирования процесса так называемого «чистого» сдвига в толще пород, описанного в 1969 г. [9], когда в результате горизонтального сжатия происходит деформирование модели с образованием системы диагональных сколов с острым углом около 80° в направлении оси максимального сжатия¹.

Так, с действием ортогонально направленных сжимающих сил могут быть связаны сколы с азимутами $335-340^\circ$ и $45-50^\circ$ с острыми углами $65-75^\circ$, ориентированными в направлении оси сжатия по медиане субмеридионально, а также сколы с азимутами 310° и $60-65^\circ$ с острыми углами $70-75^\circ$, ориентированными по медиане субширотно. Еще одна система сколовых трещин с азимутами $20-25^\circ$ и 295° с острыми углами $80-85^\circ$ отмечается в направлении оси сжатия – растяжения по медиане с азимутом $310-315^\circ$.

¹В тектонофизике «чистым» сдвигом называют случай, когда оси сжимающих или растягивающих напряжений находятся на единой оси и сдавливают или растягивают элементарный объем породы.

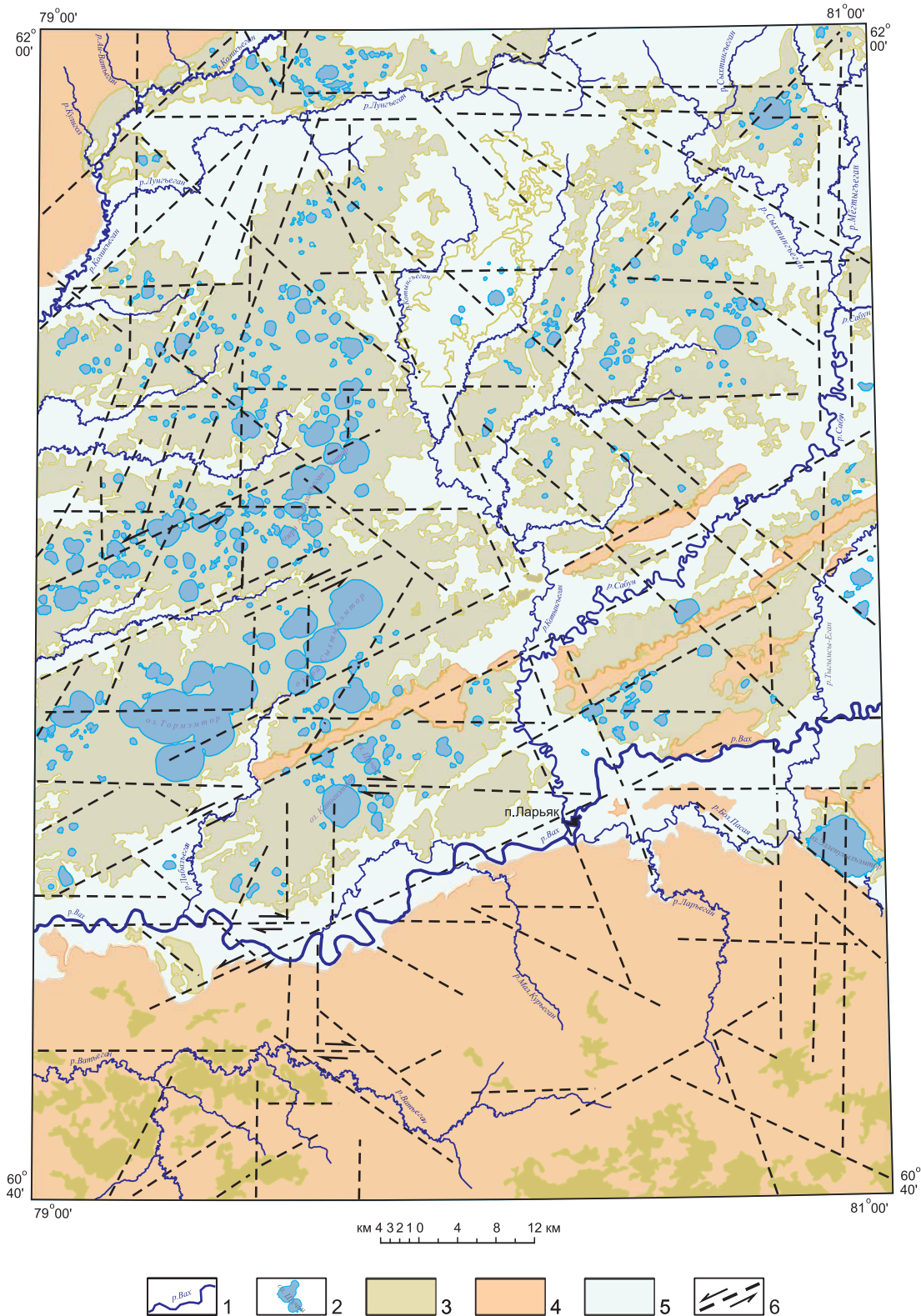


Рис. 4. Карта генерализованных прямолинейных линеаментов (см. рис. 1–3), дешифрируемых на поверхности современного рельефа в нижнем течении р. Вах на топографических картах (листы Р-44-XX, XI, XXVI, XXVII) и дистанционной основе ДО-200/2

1 – реки; 2 – озера; 3 – болота; 4 – возвышенные участки рельефа; 5 – осушенные поверхности рельефа, дренируемые реками; 6 – генерализованные прямолинейные линеаменты и направления смещений по ним, интерпретируемые как субвертикальные сколовые трещины в фундаменте и чехле плиты, выходящие на поверхность современного рельефа

Наиболее древними, вероятно, являются субмеридиональные сколы, установленные в восточных бортах Александровского и Междуреченского валов

II порядка вдоль границы с Восточно-Хохряковской террасой II порядка. Здесь выделяются меридионально простирающиеся валы III порядка, ограничен-



ные с востока и запада субмеридиональными разрывами, разобщенные с левым сдвигом сколами с азимутом 60° . Большинство этих валов вмещает залежи углеводородов ряда месторождений (см. рис. 1, 2).

Следует также отметить, что структуры поверхности фундамента Восточно-Хохряковской террасы резко отличаются от субмеридиональных пограничных структур III порядка Александровского и Междуреченского валов (см. рис. 1, 2) по простиранию осей морфологических элементов III порядка. Западная граница террасы отчетливо выражена в морфологии фундамента слабо изогнутой субмеридиональной полосой со смещениями гребней валов III порядка к западу левосторонними сдвигами по ложбинам, которые генетически обусловлены, вероятно, разрывными нарушениями с простиранием по азимуту 60° . По своей природе граница, очевидно, тектоническая и представляет собой систему фрагментов сместителя более раннего крупного разлома, разделяющего разноориентированные структурно-складчатые блоки фундамента. Возможно, эта граница – геологическое выражение геофизической границы, приуроченной к гравитационной ступени, проходящей, как уже было сказано, примерно по меридиану $79^\circ 55'$ в. д.

Еще одна зона разлома субмеридионального простирания дешифрируется серией параллельных сколов вдоль восточной рамки описываемой территории. На дневной поверхности она уверенно трассируется прямолинейными отрезками долин и русел рек Тыгымсы-Еган, Сабун, Мегтыгъеган и др. (см. рис. 4).

Сопряжена с меридиональными разрывами, возможно, система сколов с азимутами $335\text{--}340^\circ$ и $45\text{--}50^\circ$ под острыми углами $65\text{--}75^\circ$, ориентированными меридионально в направлении оси сжатия. Разрывы проходят по диагоналям через всю территорию, пересекаясь в ее центре и северо-западном углу. Судя по структурным рисункам сейсмоотражающих горизонтов «А», «Б» и «Г», они активно влияли на формирование морфоструктур фундамента и чехла плиты.

Наиболее многочисленными и, вероятно, наиболее молодыми являются сколы, простирание по азимутам 310° и $60\text{--}65^\circ$ и пересекающиеся под острыми углами $70\text{--}75^\circ$; они ориентированы в направлении оси сжатия – растяжения субширотно. По сколам с азимутами $60\text{--}65^\circ$ отмечаются левосторонние сдвиги блоков пород. Активизация движений по этим сколам, вероятно, на фоне попеременно-го растяжения и сжатия приводила к образованию ослабленных зон с перемещением узких блоков по параллельным сколовым трещинам в рыхлых отложениях вплоть до поверхности рельефа. На дневной поверхности эти сколы уверенно трассируются прямолинейными отрезками долин и русел рр. Сабун, Лабазъеган и др., а также узкими линейно вытянутыми с северо-востока на юго-запад параллельными ложбинами с болотами и руслами рек или сухими песчаными грядами, поросшими чистым сосновым бором.

Менее многочисленны сравнительно короткие, расположенные строго параллельно сколы субширотного простирания, распространенные достаточно равномерно от северной до южной границ описываемой территории. По ним отмечаются правосторонние сдвиги блоков пород.

Совсем немногочисленными, но достаточно хорошо выраженными в рельефе фундамента и чехла плиты в северо-западном углу территории являются сбросы, простирание по азимутам $20\text{--}25^\circ$ и 295° с острыми углами $80\text{--}85^\circ$. Они ориентированы в направлении оси растяжения по медиане с азимутом $310\text{--}315^\circ$.

Пытаясь найти тектонофизическое объяснение наблюдаемой картине выделенных разрывных нарушений, можно предположить, что рассмотренные субмеридиональные и субширотные сколовые трещины входят в состав парной ортогональной системы наиболее ранних дизъюнктивных структур фундамента. Следует отметить факт, что р. Енисей течет в меридиональном направлении, а р. Обь делает коленаобразный изгиб и течет в широтном направлении (так называемая Широтная Обь) между меридианами 77° (район Нижневартовска) и 88° (район Ханты-Мансийска), как и впадающая в нее р. Вах в нижнем течении (от 80° в диапазоне широтных отметок от 61° до $61^\circ 30'$). Это свидетельствует о глобальном характере ортогональной системы дизъюнктивных структур фундамента.

На рис. 1 частные субмеридиональные разрывы немногочисленные и малопротяженные, часто смещены разрывами других направлений. Одна полоса этих разрывов, как было сказано, прослеживается по восточному склону Александровского мегавала, другая – по западным склонам Верхнекаралькинского и Пыль-Каралькинского мегавалов.

Сопряжена с меридиональными разрывами, возможно, система пересекающихся сколов с азимутами $335\text{--}340^\circ$ и $45\text{--}50^\circ$, ориентированных субмеридионально в направлении оси сжатия («полярное сжатие?» [8]).

Субширотные разрывы гораздо более многочисленны и проявляются как правосторонние сдвиги на всей территории. Они, вероятно, постоянно подновлялись в результате реализации ротационных напряжений вращающейся Земли в зоне Транссибирского линеамента, отмеченного В. И. Драгуновым [2] в полосе, ограниченной параллелями $61\text{--}62^\circ$ с. ш. Таким образом, линеамент совпадает с «критической» параллелью Земли 62° с. ш. [4].

С субширотным направлением оси сжатия (и растяжения?) связана достаточно отчетливо выраженная сетка разрывных нарушений, обусловленная пересечением сколов северо-восточного (аз. $60\text{--}65^\circ$) и северо-западного (аз. 310°) направлений со сравнительно выдержанными расстояниями (шагом) между основными сколами. Формирование этой системы сколов, как и субширотных разрывов, происходило, видимо, под действием ротационных

тангенциальных широтных и долготных напряжений в земной коре и обусловленной этим перестройки фигуры Земли [5].

Наиболее молодыми являются сбросы, простирающиеся по азимутам 20–25° и 295°, ориентированные по оси растяжения с азимутом 310–315°. Они связаны, вероятно, с тектоническими процессами формирования Колтогорско-Уренгойского грабен-рифта [6].

Таким образом, выделенные системы разрывных нарушений отражают, вероятно, планетарную трещиноватость, генетически обусловленную не только вещественно-структурными и глубинными геодинамическими неоднородностями земной коры, но и ротационными напряжениями неравномерно вращающейся Земли [8]. Именно ротационные напряжения, возможно, приводили (и приводят в настоящее время) к постоянному подновлению первичных разноориентированных и разновозрастных разрывных нарушений в земной коре.

Линейность этих структур определяется, видимо, преобладанием в природе их образования сдвиговых деформаций, сформировавших вертикально направленные трещины скола, которые пересекают осадочный чехол и проявляются на дневной поверхности. Эти трещины скола – отражение структурообразующих разломов в фундаменте и чехле Западно-Сибирской плиты. Они отвечают деталям строения как фундамента, так и чехла плиты, оказывают влияние на процессы миграции, аккумуляции и консервации (сохранность) залежей углеводородов. Признаки их активизации на платформенном этапе развития территории, включая квартал, позволяют рассматривать эти системы разломов как долгоживущие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Атлас** месторождений нефти и газа Ханты-Мансийского автономного округа – Югры / сост. ХМАО НАЦ РН им. В. И. Шпильмана; под ред. В. А. Волкова, А. В. Шпильмана. Т. 2. – Екатеринбург: ИздатНаукаСервис, 2013. – 308 с.
2. **Драгунов В. И.** О транссибирской поперечной дислокации // Матер. ВСЕГЕИ. Нов. сер. – 1960. – Вып. 44. – С. 61–68.
3. **Нижне-среднетриасовый** рифтогенный комплекс Западно-Сибирского бассейна / В. С. Сурков, А. М. Казаков, В. П. Девятков и др. // Отечественная геология. – 1997. – № 3. – С. 31–37.
4. **Стовас М. В.** Опыт математического анализа тектонических процессов, вызываемых изменениями фигуры Земли: автореф. дис. ... д. г.-м. н. – Л., 1961. – 37 с.
5. **Стовас М. В.** Переменность вращения Земли и геотектоника // Геол. сб. Львов. геол. об-ва. – 1958. – № 5–6.
6. **Сурков В. С., Жеро О. Г.** Фундамент и развитие платформенного чехла Западно-Сибирской плиты. – М.: Недра, 1981. – 144 с.
7. **Тектоническая** карта центральной части Западно-Сибирской плиты / под ред. В. И. Шпильмана, Н. И. Змановского, Л. Л. Подсосовой. – Ханты-Мансийск: ХМАО НАЦ РН им. В. И. Шпильмана, 1998.
8. **Хаин В. Е.** Общая геотектоника. – М.: Недра, 1964. – 479 с.
9. **Hoepfener R. E., Karthoff H. N., Schrader P.** Zur physikalischen Tectonik, Bruchbildung bei verschiedenen Deformation im Experiment // Geol. Rundsch. – 1969. – No. 59 – S. 179–193.

REFERENCES

1. Volkova A.V., Shpilman A.V., eds. *Atlas mestorozhdeniy nefiti i gaza Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry. Sostavlen «AU KhMAO NATsRN im. V. I. Shpilmana»* [Atlas of oil and gas fields of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra. Compiled by V. I. Shpilman, AU KhMAO NATsRN]. Ekaterinburg, IzdatNaukaServis Publ., 2013, vol. 2. 308 p. (In Russ.).
2. Dragunov V.I. [On the Trans-Siberian transverse dislocation]. *Materialy VSEGEI – Materials of VSEGEI*. Leningrad, 1960, issue 44, pp. 61–68. (In Russ.).
3. Surkov V.S., Kazakov A.M., Devyatov V.P., et al. [Lower-Middle Triassic riftogenic complex of the West Siberian basin]. *Otechestvennaya geologiya*, 1997, no. 3, pp. 31–37. (In Russ.).
4. Stovas M.V. *Opyt matematicheskogo analiza tektonicheskikh protsessov, vyzываемых izmeneniyami figury Zemli. Avtoref. dokt. diss.* [Experience in the mathematical analysis of tectonic processes caused by changes in the shape of the Earth. Author's abstract of DSc thesis]. Leningrad, 1961. 37 p. (In Russ.).
5. Stovas M.V. [Variability of the Earth's rotation and geotectonics]. *Geol. sb. L'vovsk. geol. ob-va* [Geol. collected volume of Lvov Geol. Ass.]. Lvov, 1958, no. 5–6. (In Russ.).
6. Surkov V.S., Zhero O. G. *Fundament i razvitie platformennogo chekhla Zapadno-Sibirskoy plity* [The foundation and development of the platform cover of the West Siberian plate]. Moscow, Nedra Publ., 1981. 144 p. (In Russ.).
7. Shpilman V.I., Zmanovsky N.I., Podsova L.L., eds. *Tektonicheskaya karta tsentral'noy chasti Zapadno-Sibirskoy plity* [Tectonic map of the central part of the West Siberian plate]. Ханты-Мансийск, 1998. (In Russ.).
8. Khain V.E. *Obshchaya geotektonika* [General geotectonics]. Moscow, Nedra Publ., 1964. 479 p. (In Russ.).
9. Hoepfener R.E., Karthoff H.N., Schrader P. Zur physikalischen Tectonik, Bruchbildung bei verschiedenen Deformation im Experiment. *Geol. Rundsch*, 1969, no. 59, S. 179–193.

© В. И. Тихоненко, 2018



ВОЗРАСТ И ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА ДЕВОНСКОГО ВУЛКАНИЗМА КОЛЫВАНЬ-ТОМСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ЗОНЫ ПО ДАННЫМ ДАТИРОВАНИЯ ДЕТРИТОВЫХ ЦИРКОНОВ МИТРОФАНОВСКОЙ СВИТЫ

Ф. И. Жимулев¹, Дж. Гиллеспи², С. Глорие², А. В. Котляров¹, Е. В. Ветров^{1,3}, Й. Де Граве⁴

¹Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия; ²Университет Аделаиды, Австралия; ³Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия; ⁴Университет Гента, Бельгия

Среднедевонские вулканические образования буготакского комплекса слагают нижнюю тектоническую пластину Колывань-Томской складчатой зоны и обнажаются в пределах наиболее поднятых блоков зоны (Ордынского, Буготакского и Митрофановского). В результате уран-свинцового датирования детритового циркона из вулканокластических пород в кровле митрофановской свиты установлено, что вулканогенные породы Митрофановского поднятия формировались в диапазоне 380–395 млн лет. Среднедевонская вспышка вулканизма произошла после длительного перерыва в магматической активности и осадконакоплении региона. Неодимовый изотопный состав изученных пород ($\epsilon\text{Nd}(T) = 6,9$ для возраста 380 млн лет) свидетельствует, что источником среднедевонского вулканизма изучаемой зоны служила деплетированная мантия. Вулканический пояс, фрагменты которого представляют собой образования буготакского комплекса, был заложен на Салаирском континентальном блоке, образованном раннепалеозойской ювенильной корой, сформированной в надсубдукционных условиях. Среднедевонский вулканизм сопровождался расколом континентальной коры и раскрытием морского бассейна, карбонатно-терригенные отложения которого слагают верхнедевонско-раннекарбонную осадочную последовательность Колывань-Томской складчатой зоны. В фундаменте Кузнецкого прогиба отсутствуют блоки докембрийской континентальной коры.

Ключевые слова: геохронология, циркон, вулканизм, Западная Сибирь, девон.

AGE AND PALEOTECTONIC SETTING OF THE DEVONIAN VOLCANISM OF THE KOLYVAN-TOMSK FOLDED ZONE, INSIGHTS FROM DETRITAL ZIRCON GEOCHRONOLOGY OF THE MITROFANOVSKAYA FORMATION

F. I. Zhimulev¹, J. Gillespie², S. Glorie², A. V. Kotlyarov¹, E. V. Vetrov^{1,3}, J. De Grave⁴

¹V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia; ²Tectonics, Resources and Exploration (TraX), Department of Earth Sciences, University of Adelaide, Adelaide, Australia; ³Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia; ⁴Laboratory for Mineralogy and Petrology, Department of Geology, Ghent University, Ghent, Belgium

The Middle Devonian volcanic formations of the Bugotak complex compose the lower tectonic nappe of the Kolyvan-Tomsk folded zone and are exposed within the most elevated blocks of the zone, namely Ordynsk, Bugotak and Mitrofanovo ones. As a result of uranium-lead dating of detrital zircon from volcanic-clastic rocks in the top of the Mitrofanovskaya Formation, it was established that the volcanogenic rocks of the Mitrofanovo uplift of the Kolyvan-Tomsk folded zone were formed in the range of 395–380 Ma. The Middle Devonian outbreak of volcanism occurred after a long interruption in the magmatic activity and sedimentation of the region. The neodymium isotope composition of the studied rocks ($\epsilon\text{Nd}(T) = 6.9$ for the age of 380 Ma) indicates that a depleted mantle was a source of the Middle Devonian volcanism of this zone. The volcanic belt, fragments of which are formations of the Bugotak complex, was established on the Salair continental block formed by the Early Paleozoic juvenile crust developed under suprasubduction conditions. The Middle Devonian volcanism was accompanied by a split of the continental crust and the opening of the sea basin, the carbonate-terrigenous deposits of which compose the Upper Devonian-Early Carboniferous sedimentary sequence of the Kolyvan-Tomsk folded zone. In the basement of the Kuznetsk basin there are no any blocks of the Precambrian continental crust.

Keywords: geochronology, zircon, volcanism, West Siberia, Devonian.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-3-13-24

Девонские вулканические образования широко распространены в северо-западной части Алтае-Саянской складчатой области (АССО) и восточной части Обь-Зайсанской складчатой системы. Они принимают участие в строении наиболее древних стратифицированных отложений Колывань-Томской складчатой зоны (КТСЗ) и Горловского прогиба и залегают в основании девон-карбонного осадочного чехла западной части Салаира [5, 17].

Возраст и палеотектоническая обстановка проявления девонского вулканизма до настоящего времени остается предметом дискуссий [7, 8, 11, 13, 15, 17, 19, 20]. В особенности это касается Колывань-Томской складчатой зоны, в пределах которой девонские вулканы находятся в аллохтонном залегании, образуя отдельные тектонические пластины в нижней части сложно построенного складчато-надвигового сооружения.

Цель данной работы состоит в том, чтобы оценить продолжительность девонского вулканического этапа КТСЗ и дать палеотектоническую характеристику основания, на котором формировался ее девонский вулканический пояс. Для решения данной задачи было проведено уран-свинцовое датирование детритового циркона из пачки мелкозернистых вулканомиктовых микститов, залегающей в кровле девонского вулканического разреза Митрофановского поднятия КТСЗ (рис. 1, 2).

Уран-свинцовое датирование обломочного циркона из осадочных последовательностей – широко распространенный метод изучения истории геологического развития осадочных бассейнов и складчатых областей. Он позволяет определять время главных этапов магматической активности в питающих провинциях, делать предположения об относительном положении различных блоков земной коры в геологическом прошлом, устанавливать время эрозионного вскрытия плутонов, ограничивать сверху возраст самих осадочных толщ, устанавливать палеотектонические условия формирования осадочных бассейнов.

В пределах рассматриваемого сектора Центрально-Азиатского складчатого пояса датирование обломочного циркона из осадочных толщ стало проводиться только в последнее десятилетие. В настоящее время данные о возрасте детритовых цирконов для многих складчатых зон и палеобассейнов АССО отсутствуют, что затрудняет историко-геологические реконструкции этого сложного региона и определяет актуальность подобных исследований.

Геологическая позиция, возраст и обстановка формирования девонских вулканитов КТСЗ

Геологическое строение

КТСЗ представляет собой часть Обь-Зайсанской складчатой области герцинского возраста [17]. От южного сегмента данной складчатой области (Иртышско-Зайсанской складчатой зоны) КТСЗ отделена мезозойско-кайнозойскими отложениями Бийско-Барнаульской впадины, перекрывающими область сочленения этих сегментов. Также КТСЗ нередко рассматривается при описании герцинских структур АССО [6, 11], например, как часть единой Алтайской коллизионной системы, включающей Обь-Зайсанскую складчатую область и западную часть Алтае-Саянской [14].

КТСЗ простирается в северо-восточном направлении на расстояние около 450 км при ширине 60–100 км (см. рис. 1). Юго-восточной ее границей является система надвигов, по которой девонские отложения, слагающие фронтальную часть зоны, надвинуты на раннепалеозойские комплексы Кузнецкого Алатау и Салаира, а также на карбон-пермское осадочное выполнение Кузнецкого прогиба и юрские отложения Доронинской впадины. На северо-западе зона перекрывается мезозойско-кайнозойским чехлом Западно-Сибирской плиты.

Внутренняя структура зоны покровно-надвиговая, представляет собой пакет тектонических пластин, надвинутых в юго-восточном направлении [5]. Наиболее древние отложения КТСЗ, вскрытые в ядрах взброс-антиклинальных поднятий, представлены толщей бимодальных субщелочных вулканических и вулканокластических пород среднедевонского возраста (буготакская, тогучинская и митрофановская свиты). В полях распространения этих отложений встречаются комагматичные вулканитам субвулканические интрузии, сложенные диабазами и плагиориодацитами. Вулканиты перекрыты толщей преимущественно терригенных пород, накопившихся с франа по визе. Нижняя часть этой осадочной последовательности – пачинская свита франского возраста [3, 9, 12, 16, 17] сложена аргиллитами, содержащими отдельные массивы рифогенных известняков. Выше залегают юргинская свита фаменского возраста [9, 17], сложенная преимущественно песчаниками и алевролитами, и фамен-каменноугольная инская серия, представляющая собой переслаивание темно-серых глинистых сланцев, алевролитов и песчаников. Перед фронтом КТСЗ расположен Горловский прогиб, выполненный карбон-пермской терригенной угленосной толщей. Прогиб представляет собой грабен-синклиналь, опрокинутую в юго-восточном направлении, и рассматривается как форландовый бассейн, связанный с надвиганием КТСЗ на каледониды Салаира [4, 5].

Возраст и обстановка формирования буготакского вулканического комплекса

Среднедевонские вулканические образования КТСЗ выходят на поверхность в пределах нескольких изолированных поднятий, имеющих сходное геологическое строение, – Ордынского, Буготакского и Митрофановского (см. рис. 1). Во всех поднятиях вулканические образования подстилаются пачкой розовато-серых известняков, содержащих фауну эйфельского возраста [5, 17]. На основании близости состава, строения и возраста отложения буготакской, митрофановской и тогучинской свит, а также комагматичные им субвулканические интрузии выделяются в среднедевонский буготакский (буготакско-тогучинский) комплекс [5, 9, 17] и далее рассматриваются совместно. Субвулканические интрузии представлены дайками, силлами и небольшими по площади (1–3 км) штоками, расположенными среди вулканогенно-осадочных пород. Специфической особенностью буготакского комплекса является контрастный состав: наряду с основными и средне-основными породами в нем достаточно широко развиты и кислые – туфы риолитов, субвулканические интрузии плагиориолитов (альбитофиоров) [7, 17]. Среди эффузивных пород преобладают метабазалты и метаандезиты, реже метаандезиты. На TAS-диаграмме ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) – SiO_2 основная часть точек составов пород буготакского комплексов расположена вдоль линии, разграничивающей поля по-

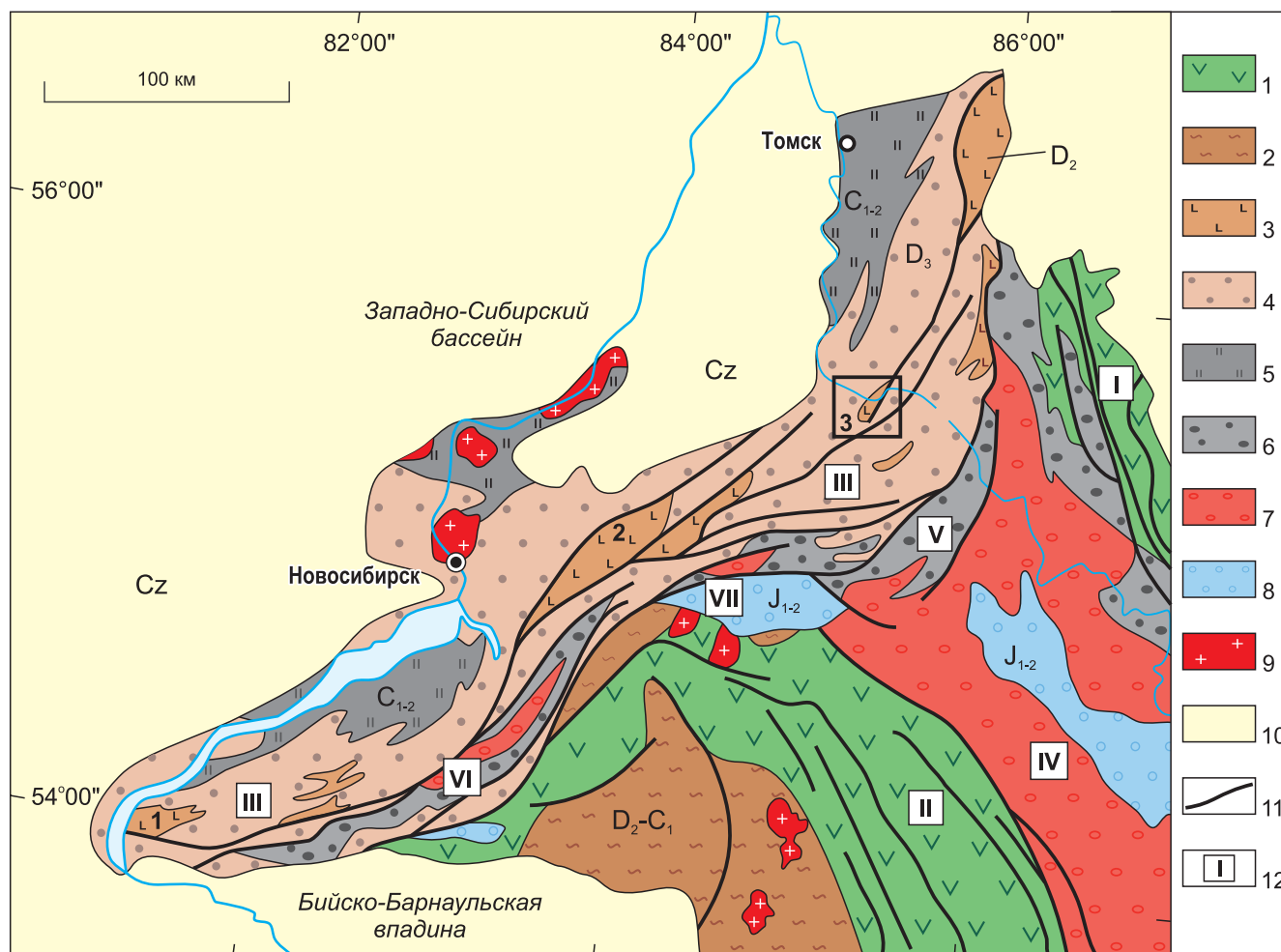


Рис. 1. Геологическая схема КТСЗ и положение Митрофановского поднятия (по [21] с упрощениями)

1 – каледониды Салаира и Кузнецкого Алатау нерасчлененные; 2 – среднедевонско-раннекарбоновые отложения, деформированный чехол эпикаледонских впадин; 3 – среднедевонские вулканогенные и вулканомиктовые отложения Кольвань-Томской складчатой зоны (КТСЗ), буготакская, тогучинская и митрофановская свиты; 4 – верхнедевонские терригенные отложения КТСЗ, пачинская и юргинская свиты; 5 – нижнекарбоновые отложения КТСЗ, инская серия; 6 – карбон-нижнепермские отложения Горловского, Зарубинского и Кузнецкого прогибов; 7 – средне-верхнепермские отложения Горловского, Зарубинского и Кузнецкого прогибов; 8 – ранне-среднеюрские отложения наложенных впадин; 9 – гранитоидные интрузии; 10 – мел-кайнозойские отложения чехла Западно-Сибирской плиты; 11 – главные разломы и надвиги; 12 – главные тектонические единицы: I – Кузнецкий Алатау, II – Салаирский кряж, III – Кольвань-Томская складчатая зона, IV – Кузнецкий прогиб, V – Зарубинский прогиб, VI – Горловский прогиб, VII – Доронинская впадина VIII – Западно-Сибирская плита; поднятия в пределах КТСЗ: 1 – Ордынское, 2 – Буготакское, 3 – Митрофановское

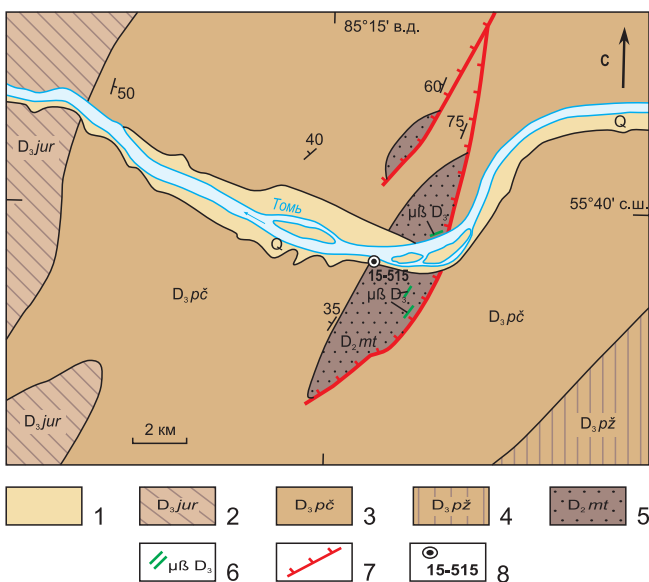


Рис. 2. Схема геологического строения участка Митрофановского поднятия (по [16] с упрощениями) и место отбора образца для геохронологических исследований

1 – четвертичные отложения р. Томь; 2 – верхний девон юргинская свита, песчаники, глинистые сланцы; 3 – верхний девон, пачинская свита, глинистые сланцы, прослои известняков и песчаников; 4 – верхний девон, пожарщевская свита, глинистые сланцы, песчаники, известняки; 5 – средний девон, митрофановская свита, зеленокаменные плагиоклазовые порфириты, альбитофиры, туфы кислого и основного состава, прослои глинистых песчаников и серицит-хлоритовых сланцев; 6 – дайки диабазов; 7 – взбросы; 8 – место отбора и номер образца вулканокластических микститов для геохронологических исследований

род нормальной и умеренной щелочности [15]. На диаграммах AFM и $FeO^*/MgO - SiO_2$ точки составов вулканических пород буготакского комплекса располагаются вдоль границы толеитовой и известково-щелочной серий [15].

Представления о возрасте буготакского комплекса основываются на палеонтологических данных, геологических соотношениях с фаунистически охарактеризованными литостратиграфическими подразделениями и отдельных изотопных определениях. Прослойки карбонатных и терригенных пород содержат фауну брахиопод, табулят, ругоз [2, 3, 9, 16, 17, 19]. В литературе приводятся описания комплексов фауны из многочисленных местонахождений. Резюмируя опубликованные факты, можно сделать следующие выводы. В настоящее время принятым является среднедевонский (эйфельско-живетский) возраст вулканитов КТСЗ [9, 19]. Комплексы фауны чаще всего характеризуют живетский век, указания на эйфельский возраст фауны из некоторых разрезов встречаются реже [3], поэтому некоторые исследователи ограничивают время вулканизма живетским веком [17]. Высказывается также мнение о раннедевонском (эмсском) возрасте вулканизма в КТСЗ [10]. Новая информация была получена благодаря микропалеонтологическим исследованиям. В работе [18] указано, что из нижней части буготакской свиты были выявлены конодонты вида *Icriodus expansus* Branson et Mehl, 1938, встречающегося в стратиграфическом интервале от верхней части живетского яруса до базальных уровней среднего франа [26]. Это позволило авторам работы [23] ограничить стратиграфический объем отложений буготакской свиты до верхнего живета – нижнего франа. Большинство геологов отмечают, что вспышка вулканизма была кратковременным событием; по мнению А. Л. Матвеевской, продолжительность вулканизма составляла неполный живетский век [17].

Геологические соотношения буготакского вулканического комплекса в целом следующие: вулканогенный разрез перекрывает эйфельские известняки и перекрывается глинистыми сланцами пачинской свиты франского возраста [3, 9, 17]. Следует отметить, что контакты между вулканогенными породами буготакского комплекса и аргиллитами пачинской свиты почти повсеместно тектонические. В литературе имеются указания лишь на несколько участков, где наблюдается стратиграфический контакт, представляющий собой трансгрессивное налегание терригенных отложений на размытую поверхность вулканитов [3, 5, 18]. Один из них – разрез по р. Каменка вблизи ее впадения в р. Коен – недостаточно обнажен, чтобы можно было сделать выводы о контакте. Другой участок – это стратотипический разрез митрофановской свиты на левом берегу р. Томь [16], на котором проведены геохронологические исследования, представленные в данной работе.

Изотопно-геохронологические определения возраста пород буготакского комплекса немногочисленны. По пироксеновым порфиридам, образующим силлы в поле распространения буготакского комплекса, получена рубидий-стронциевая изохрона $334 \pm 7,1$ млн лет [5]. Этот возраст не согласуется с геологическими данными и, очевидно, связан с нарушением изотопной системы. По порфиридам и плагиориолитам комплекса получены K-Ar датировки 385 млн лет (живет) и 378 млн лет (ранний фран) [5]. Возраст циркона из плагиориолитов буготакского субвулканического комплекса (сопка Большая, N $55^{\circ}07'18,8''$, E $83^{\circ}56'36,2''$) составляет $383,3 \pm 2,9$ млн лет [13], что соответствует границе живетского и франского ярусов и хорошо согласуется с новыми палеонтологическими данными [18].

Природа буготакского вулканического комплекса длительное время является предметом дискуссий. В работе [11] буготакская вулканическая зона интерпретируется как фрагмент магматической островной дуги. Эта версия позднее подверглась критике, и на основании ряда геологических и геохимических данных было высказано предположение о том, что буготакские вулканиты формировались в задуговом бассейне, в тылу крупной островодужной системы, в настоящее время скрытой под чехлом Западно-Сибирской плиты [5, 7]. В последние годы при картировочных работах КТСЗ в целом интерпретируется как активная континентальная окраина андийского типа, хотя и отмечается, что контрастный (риолит-базальтовый) состав буготакско-тогучинского комплекса отвечает внутриплитным (рифтогенным?) условиям формирования [9]. В работе [8] среднедевонские вулканиты зоны рассматриваются как продукты континентального рифтогенеза. Последняя точка зрения, на наш взгляд, наиболее геологически обоснована.

Для решения вопроса о природе девонского вулканизма КТСЗ необходимы комплексные исследования не только самих вулканитов, но и всей осадочной последовательности КТСЗ, а также девонских образований сопредельных блоков. Это позволило бы построить непротиворечивую модель тектонической эволюции региона в позднем палеозое.

Характеристика Митрофановского поднятия

Поднятие расположено на северо-востоке КТСЗ (см. рис. 1). В плане оно имеет форму дуги, обращенной выпуклостью к востоку (см. рис. 2). Восточное крыло антиклинали крутое, нарушенное продольными взбросами. Стратотипический разрез митрофановской свиты описан в береговых обнажениях в районе пересечения структуры долиной р. Томь [16]. Мощность наблюдаемого разреза около 900 м. Подошва свиты не обнажена, нижняя часть разреза взброшена на отложения пачинской свиты. Разрез представлен переслаиванием туфов и туфолов альбитофинов, покровами плагиоклазов и порфиритов

базальтового и андезитового состава. В подчиненном количестве присутствуют вулканомиктовые песчаники, мелкозернистые вулканокластические микститы и серицит-хлоритовые сланцы. В прослоях осадочных пород, залегающих внутри вулканогенной толщи в 1,5 км южнее описанного разреза, была собрана фауна брахиопод и ругоз живецкого возраста [16]. В пологом северно-западном крыле структуры наблюдается стратиграфический контакт с вышележащей пачинской свитой. В кровле разреза митрофановской свиты залегает пачка вулканокластических микститов. Подошва пачинской свиты на основании многочисленных данных достаточно уверенно проводится в нижней части франа [2, 3, 12, 17, 19].

Описание образца

С целью геохронологических исследований нами был отобран образец (№ 15–515, координаты места отбора N 55°39'6,6", E 85°16'8,8") мелкозернистых вулканокластических микститов, из пачки, залегающей в кровле разреза митрофановской свиты (рис. 3). Вверх по разрезу микститы постепенно переходят в глинистые сланцы пачинской свиты. Микститы представляют собой темно-зеленые грубо рассланцованные алеврито-песчаники с включением плохо окатанных обломков гравийной и мелкогалечной размерности. Обломки представлены различными вулканическими породами подстилающего разреза – базальтами, андезита-

ми, дацитами, туфами кислого и основного состава, встречаются единичные обломки известняков, в мелкой фракции много неокатанных кристаллов плагиоклаза. Прослой пород подобного облика встречаются в средней части разреза свиты. По нашему мнению, они представляют собой пролювиальные отложения, формировавшиеся в результате размыва вулканических построек.

Методы исследований

U/Pb датирование

Дробление образца и выделение цирконов производилось в ИГМ СО РАН. Зерна циркона были отобраны вручную, помещены в шайбу стандартного размера, залиты эпоксидной смолой и после застывания смолы отполированы. Катодолюминесцентные изображения цирконов были получены на сканирующем электронном микроскопе FEI Quanta600 в университете Аделаиды. U-Pb датирование проводилось там же на установке LA-ICP-MS с использованием масс-спектрометра Agilent 7900, связанного с системой абляции New Wave UP-213. Диаметр пучка лазера составлял 30 мкм, частота – 5 Гц, время облучения одной точки – 30 с. Стандарт GJ-циркона ($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} = 608,5 \pm 0,4$ млн лет [29]) использовался для коррекции фракционирования U-Pb, стандарт Plešovice ($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} = 337,13 \pm 0,37$ млн лет [27]) – в качестве вторичного стандарта. Девятнадцать анализов этого стандарта в ходе аналитической сессии дали средневзвешенный возраст $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 340,3 ± 1,6 млн лет (СКВО = 1,8). Расчет U-Pb возрастов проводился с использованием программного пакета Iolite [23].

Nd систематика

Было проведено изучение Sm/Nd изотопной систематики образца песчаников, отобранного с целью датирования детритовых цирконов. Содержания редких и редкоземельных элементов определялись методом ICP-MS в ЦКП многоэлементных и изотопных исследований СО РАН (Новосибирск). Содержания и изотопные составы Sm и Nd определены в ГИ КНЦ РАН (Апатиты) по методикам, описанным в [1]. При расчете $\epsilon\text{Nd}(T)$ и модельных возрастов TNd(DM) использованы современные значения CHUR по [24] ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,512638$, $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0,1967$) и DM по [22] ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,513151$, $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0,2136$). Для учета возможного фракционирования Sm и Nd во внутрикоровых процессах для исследованных пород были рассчитаны двухстадийные Nd модельные возрасты TNd (DM-2st) [25] с использованием среднекорового отношения $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0,12$ [28].

Результаты исследований

Из двух образцов было датировано 80 зерен циркона, 73 из которых имеют дискордантность менее 10 %, только они использованы для построения диаграмм относительной вероятности возрастов. Эти диаграммы (возрастные спектры) для проана-

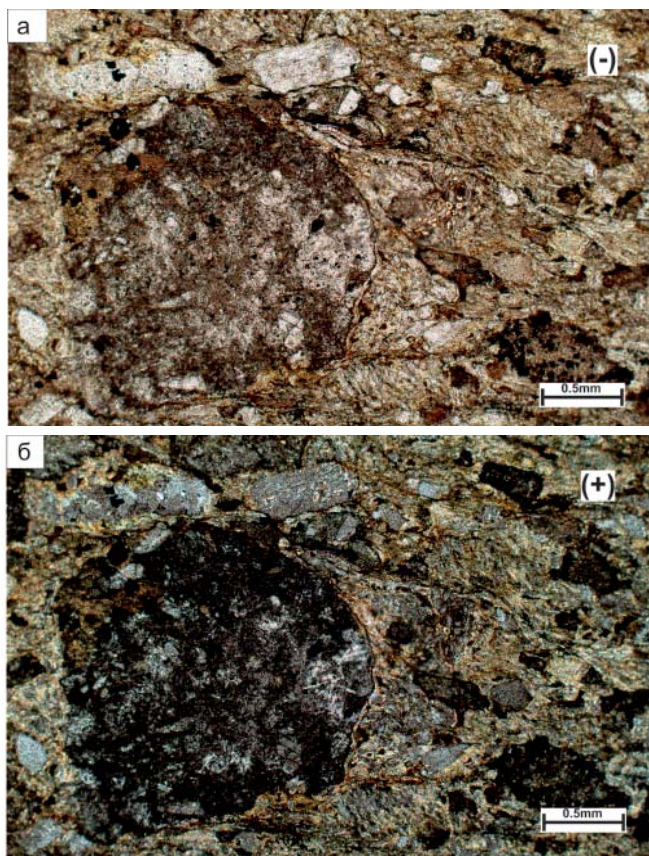


Рис. 3. Микрофотографии вулканокластических микститов митрофановской свиты: а – николи параллельны, б – николи скрещены

лизированных проб были построены по $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ возрастам для зерен моложе 1 млрд лет и по $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ возрастам для зерен древнее 1 млрд лет (см. таблицу; рис. 4). На диаграмме относительной вероятности возрастов, построенной по 73 конкорданным значениям, выделяются следующие популяции: 550–472 млн лет – 63 %, 427–404 млн лет – 8 %, 394–380 млн лет – 11 %, возраст одного зерна 1985 млн лет. Кроме того, 16,4 % зерен имеют возрасты в диапазоне 366–254 млн лет, что противоречит геологическим и палеонтологическим данным. В катодолюминесцентных лучах цирконы имеют четкую осцилляторную зональность и представлены хорошо ограниченными зернами или их неокатанными остроугольными обломками (рис. 5). Отношение Th/U для всех зерен 0,17–1,5, для одного зерна – 3,88, в среднем составляет 0,60. Каких-либо закономерных изменений Th/U отношения в разных популяциях не наблюдается. Результаты датирования приведены в таблице.

Содержание Sm в породе составляет 8,26 ppm, Nd – 37,11 ppm, $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0,1345$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,5128$, $\epsilon\text{Nd}(0) = 3,88$ $\epsilon\text{Nd}(T) = 6,9$ (для возраст-

та 380 млн лет). Неодимовый модельный возраст TNd(DM) – 607 млн лет, рассчитанный по двухстадийной модели TNd(DM-2st) – 571 млн лет.

Обсуждение результатов

Прежде всего следует дать оценку присутствию в пробе цирконов с более молодым возрастом, чем возраст седиментации изученных отложений. Анализ спектра распределения показывает, что аномально молодые цирконы, в отличие от цирконов с возрастными, не противоречащими геологическим данным, не образуют четко выраженных пиков, а формируют шлейф значений от 366 до 255 млн лет. Учитывая, что весь разрез митрофановской свиты находится в пределах низкой поймы р. Томь, мы предполагаем заражение пробы во время паводков. Обнажения грубо рассланцованных вулканокластических микститов представляли собой щетки, которые могли концентрировать мельчайшие минералы тяжелой фракции из речной воды. Часть этих минералов оказалась «замыта» внутрь тонких трещин, что привело к заражению пробы. Карбон-пермские магматические тела до-

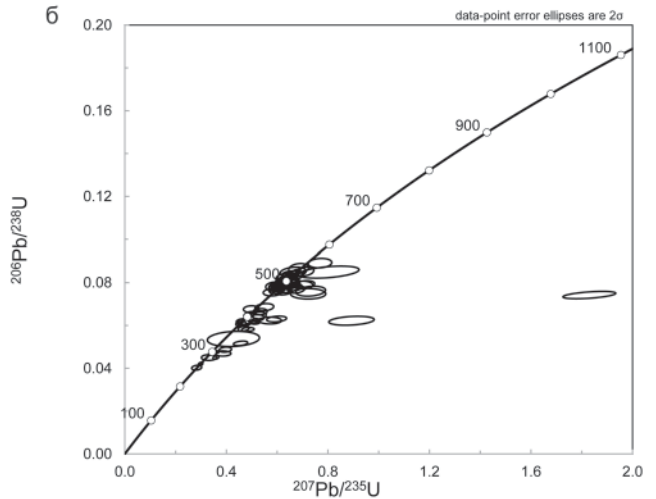
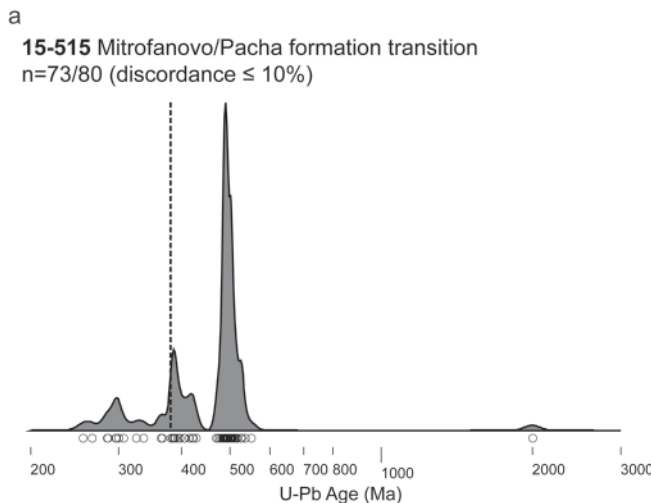


Рис. 4. Диаграмма U-Pb (<1 млрд лет), Pb-Pb (>1 млрд лет) относительной вероятности возраста (а) и диаграмма с конкордией (б) для детритовых цирконов из вулканокластических микститов митрофановской свиты; пунктир – возраст седиментации изученных отложений

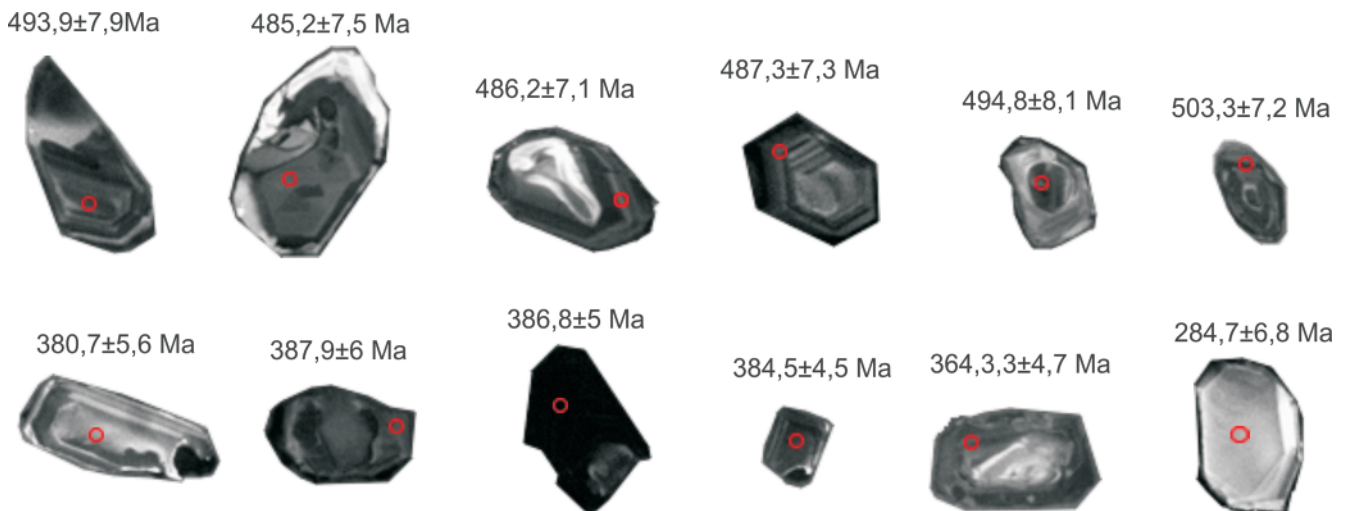


Рис. 5. Катодолюминесцентные изображения датированных цирконов, различных возрастных популяций

Конкордантные ($\pm 10\%$) U-Pb оценки возраста цирконов (млн лет) из пород митрофановской свиты

Номер точки	U, ppm	Th, ppm	Pb, ppm	Th/U	Pb ²⁰⁷ /U ²³⁵ возраст	$\pm 2\sigma$	Pb ²⁰⁶ /U ²³⁸ возраст	$\pm 2\sigma$	Pb ²⁰⁸ /Th ²³² возраст	$\pm 2\sigma$	Pb ²⁰⁶ /Pb ²⁰⁷ возраст	$\pm 2\sigma$	Конкордантность, %
515_1.d	87	71	16	0,82	462	19	469	8	472	23	370	110	101
515_2.d	212	71	13	0,33	400	14	364	5	401	20	562	88	91
515_4.d	403	153	32	0,38	420	10	385	5	446	17	583	63	92
515_5.d	108	164	24	1,52	326	20	295	6	306	12	440	150	91
515_6.d	393	290	41	0,74	306	10	299	4	296	9	312	85	98
515_7.d	185	60	14	0,32	500	15	489	7	497	23	505	87	98
515_9.d	658	351	96	0,53	522	9	524	7	563	14	488	45	100
515_10.d	206	61	12	0,29	389	15	386	6	404	21	352	98	99
515_11.d	92	71	18	0,77	573	22	550	11	535	27	620	110	96
515_12.d	155	66	16	0,42	494	17	488	7	511	27	468	95	99
515_14.d	181	72	17	0,40	507	15	495	8	500	23	512	87	98
515_15.d	11	11	2	1,03	311	56	336	18	348	47	-110	330	108
515_16.d	156	52	12	0,33	472	16	485	8	484	24	368	95	103
515_17.d	240	45	10	0,19	499	13	503	8	477	31	431	70	101
515_18.d	89	48	11	0,53	473	21	483	8	500	27	370	110	102
515_19.d	265	166	39	0,63	499	12	505	8	506	16	439	64	101
515_20.d	198	72	17	0,36	509	14	505	8	504	21	490	76	99
515_21.d	414	311	75	0,75	515	10	503	7	514	11	557	51	98
515_24.d	316	408	91	1,29	486	13	502	7	487	12	383	70	103
515_25.d	134	80	12	0,59	337	15	306	6	331	17	470	110	91
515_26.d	374	214	29	0,57	299	9	297	5	295	10	285	78	99
515_27.d	270	100	18	0,37	380	11	381	6	389	17	337	73	100
515_28.d	240	151	36	0,63	494	15	494	8	505	17	455	80	100
515_29.d	165	82	16	0,50	439	19	427	8	446	29	440	110	97
515_30.d	317	235	59	0,74	511	14	500	9	536	18	515	73	98
515_31.d	144	116	27	0,81	483	17	486	8	498	18	405	98	101
515_32.d	99	75	19	0,76	524	19	535	11	538	29	430	100	102
515_33.d	428	158	30	0,37	418	10	388	6	418	14	556	61	93
515_34.d	442	107	24	0,24	495	10	486	7	487	20	509	55	98
515_35.d	150	57	17	0,38	539	18	491	8	610	32	685	91	91
515_36.d	89	65	14	0,73	469	20	485	11	478	24	340	120	103
515_37.d	120	38	7	0,31	405	17	422	8	432	30	270	110	104
515_38.d	194	117	28	0,60	522	16	477	9	526	20	679	85	91
515_39.d	69	37	9	0,53	492	24	481	11	511	36	490	120	98
515_40.d	249	119	27	0,48	489	14	493	10	501	20	434	74	101
515_41.d	95	78	11	0,81	285	18	285	7	280	21	230	150	100
515_42.d	162	57	12	0,35	472	17	476	9	467	26	411	91	101
515_43.d	170	59	6	0,35	250	13	254	6	245	19	190	120	102
515_44.d	431	153	36	0,35	507	11	513	8	519	20	453	55	101
515_45.d	654	289	65	0,44	499	9	508	7	501	12	442	46	102
515_46.d	143	62	14	0,43	491	16	491	10	504	26	450	82	100
515_47.d	280	87	22	0,31	541	17	527	10	567	33	578	89	97
515_48.d	147	101	22	0,69	489	20	472	8	483	19	500	110	97
515_49.d	227	107	24	0,47	491	13	502	9	490	19	418	74	102
515_50.d	157	87	19	0,55	509	17	495	9	484	21	528	90	97
515_51.d	296	195	32	0,66	387	13	366	6	380	14	467	81	95
515_52.d	81	30	9	0,37	572	46	525	13	657	84	710	200	92
515_55.d	339	130	31	0,38	494	13	502	8	513	19	429	72	102
515_56.d	166	149	32	0,89	477	16	488	7	467	16	395	88	102
515_57.d	743	242	36	0,33	310	7	284	4	318	11	484	57	91
515_58.d	195	98	24	0,50	505	16	487	7	529	19	538	87	96
515_59.d	560	193	34	0,34	379	8	387	5	386	11	311	54	102
515_60.d	101	34	10	0,34	535	19	489	9	626	36	660	100	91
515_61.d	200	98	22	0,49	511	14	496	7	495	18	543	77	97
515_62.d	168	149	30	0,89	432	14	414	7	429	18	482	89	96



Окончание таблицы

Номер точки	U, ppm	Th, ppm	Pb, ppm	Th/U	Pb ²⁰⁷ /U ²³⁵ возраст	±2σ	Pb ²⁰⁶ /U ²³⁸ возраст	±2σ	Pb ²⁰⁸ /Th ²³² возраст	±2σ	Pb ²⁰⁶ /Pb ²⁰⁷ возраст	±2σ	Конкордантность, %
515_63.d	165	50	10	0,30	417	18	396	8	483	37	480	110	95
517_1.d	25	97	27	3,88	1559	40	420	17	603	25	3890	78	27
517_2.d	1314	668	85	0,51	265	6	265	4	275	6	243	51	100
517_3.d	78	13	12	0,17	1995	20	2000	31	1950	100	1985	34	100
517_4.d	333	121	22	0,36	395	12	384	6	399	16	416	80	97
517_5.d	207	64	15	0,31	472	20	394	7	508	30	782	98	83
517_6.d	322	119	23	0,37	403	12	406	7	401	18	353	71	101
517_7.d	212	81	19	0,38	511	14	498	8	502	22	534	73	97
517_8.d	305	269	43	0,88	379	16	325	5	338	10	652	95	86
517_9.d	109	54	13	0,50	483	21	491	11	500	29	400	110	102
517_10.d	161	93	23	0,58	501	15	499	9	524	19	487	82	100
517_11.d	98	89	22	0,91	507	20	516	10	514	22	430	110	102
517_12.d	195	187	43	0,96	506	16	513	9	495	14	440	86	101
517_13.d	124	59	14	0,48	511	18	485	9	500	26	580	100	95
517_14.d	227	225	45	0,99	430	15	404	8	429	15	525	92	94
517_15.d	108	96	23	0,88	509	26	525	11	508	22	370	130	103
517_16.d	226	120	29	0,53	490	15	509	9	515	21	383	85	104
517_17.d	115	81	18	0,70	487	16	492	9	470	20	425	91	101

статочно широко распространены в водосборном бассейне р. Томь. Заражение при дроблении и сепарации нами исключается, так как эти процедуры выполнялись одним из авторов данной работы собственноручно, а проба включала два образца, отобранные с одной точки, но обрабатывавшиеся независимо. Цирконы аномального возраста встречаются в обоих образцах.

Анализ геологически значимых результатов позволяет сделать ряд выводов и предположений о времени и условиях формирования среднедевонских вулканитов.

Изученные вулканокластические микститы залегают в кровле вулканогенного разреза и сложены продуктами его разрушения, возраст наиболее молодого пика на диаграмме относительной вероятности (394–380 млн лет) близок времени накопления отложений, установленному палеонтологическими и геологическими методами. Интервал 394–380 млн лет, соответствующий среднему девону, очевидно, является временем формирования вулканитов Митрофановского поднятия. Цирконы раннедевонского возраста в пробе отсутствуют.

Более древние цирконы характеризуют возраст основания, на котором формировался вулканический комплекс.

Небольшая группа цирконов имеет силурийский возраст (427–404 млн лет). Источником для них могли послужить гранитоидные массивы Кузнецкого Алатау [20] и северного Салаира [5]. Возраст большей части цирконов – 550–472 млн лет (кембрий – ранний ордовик). Учитывая геологическое положение района можно сделать вывод, что основанием для вулканитов КТСЗ служили вулканические и субвулканические комплексы Салаира, Куз-

нецкого Алатау и фундамента Кузнецкого прогиба. Салаир сложен вулканическими и субвулканическими породами кембрия – раннего ордовика (печеркинская свита, зелено-фиолетовая серия), которые рассматриваются как комплексы ювенильных энзиматических островных дуг [6, 9, 11].

На диаграмме относительной вероятности отсутствуют цирконы возрастного диапазона 472–427 млн лет (средний ордовик – средний силур). В геологическом строении региона этому разрыву на графике соответствует крупный перерыв в осадконакоплении и магматической активности, фиксирующий паузу между каледонским и герцинским тектоническими циклами. Другой интересной особенностью возрастного спектра цирконов является почти полное отсутствие древних зерен. Это подтверждается тем, что в фундаменте Кузнецкого прогиба блоков древняя континентальная кора отсутствует. Высокое значение $\epsilon\text{Nd}(T)$ (6,9) вулканокластических микститов указывает на то, что источником среднедевонского вулканизма служила деплетированная мантия.

Полученные геохронологические данные позволяют сделать предположения о природе среднедевонского вулканизма. Бимодальный характер, присутствие субщелочных разностей, небольшая продолжительность вулканизма, а главное, положение вулканитов в основании мощной амагматичной карбонатно-терригенной последовательности и заложение вулканической зоны после длительного периода тектонической стабильности – все это указывает на рифтогенный характер вулканизма. Отсутствие крупных гранитоидных интрузивов девонского возраста в регионе также плохо согласуется с моделью активной континентальной окраины. По петро- и геохимическим особенностям вулка-



ниты буготакского комплекса в наибольшей мере соответствуют образованиям задугового бассейна [7]. Наши данные дополняют данную интерпретацию, показывая, что рифтогенез, приведший к раскрытию данного морского (задугового?) бассейна, происходил на континентальной коре, сложенной кембрийско-ордовикскими магматическими комплексами.

Средне-позднедевонские вулканы сопредельных с КТСЗ районов северного Салаира (укопский и сафоновский комплексы) имеют химический состав, характерный для надсубдукционных образований [15]. Это плохо согласуется с представлениями об их рифтогенной природе, которая исходя из геологического положения выглядит наиболее вероятной. По-видимому, химические особенности среднедевонских вулканических комплексов региона отражают не столько палеотектоническую обстановку вулканизма, сколько химизм мантии и коры того блока, на котором они формировались. Каледонская кора Салаира образована ювенильными островодужными системами [6, 9, 11], поэтому сформированные на ней девонские вулканы наследуют геохимические метки надсубдукционной обстановки (высокое содержание алюминия и низкое содержание титана, тантал-ниобиевая аномалия и др.).

Выводы

В результате уран-свинцового датирования детритового циркона установлено, что вулканогенные породы Митрофановского поднятия формировались в диапазоне 395–380 млн лет, что хорошо согласуется с представлениями о среднедевонском возрасте вулканизма КТСЗ. Геохронологические свидетельства начала вулканической активности уже в раннем девоне отсутствуют.

Среднедевонская вспышка вулканизма произошла после длительного перерыва в магматической активности и осадконакоплении региона. Данный перерыв представляет собой субплатформенную стадию тектонического развития.

Источником среднедевонского вулканизма КТСЗ служила деплетированная мантия.

Вулканический пояс, фрагменты которого представляют собой образования буготакского комплекса, был заложен на Салаирском континентальном блоке, который представлен раннепалеозойской ювенильной корой, сформированной в надсубдукционных условиях. Среднедевонский вулканизм сопровождался расколом континентальной коры и раскрытием морского бассейна, карбонатно-терригенные отложения которого слагают вежнедевонско-раннекарбонную осадочную последовательность КТСЗ.

В фундаменте Кузнецкого прогиба отсутствуют блоки докембрийской континентальной коры.

Работа выполнена в рамках государственного задания, проект № 0330-2016-0015, при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-

35-00010), а также РФФИ и правительства Новосибирской области (проект № 17-45-540758 р-а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Баянова Т. Б.** Возраст реперных геологических комплексов Кольского региона и длительность процессов магматизма. – СПб.: Наука, 2004. – 174 с.
2. **Био-** и литостратиграфическая характеристика Изылинского горизонта (девон, западная окраина Кузнецкого бассейна) / А. Ю. Язиков, Н. К. Бахарев, Н. Г. Изох и др. // Региональная стратиграфия позднего докембрия и палеозоя Сибири: сб. науч. тр. – Новосибирск: СНИИГиМС, 2013. – С. 146–155.
3. **Васютинская Т. Ф., Михайловский Д. В.** Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Кузбасская. Лист № -44-XI: объяснительная записка. – М.: ГНТИ литературы по геологии и охране недр, 1963. – 116 с.
4. **Возраст** питающих провинций Горловского передового прогиба: результаты датирования детритовых цирконов из песчаников балахонской серии / Ф. И. Жимулев, Дж. Гиллесли, С. Глорие и др. // Геосферные исследования. – 2017. – № 2. – С. 33–48.
5. **Геодинамика**, магматизм и металлогения Колывань-Томской складчатой зоны / В. И. Сотников, Г. С. Федосеев, Л. В. Кунгурцев и др.; науч. ред. О. П. Иванов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1999. – 227 с.
6. **Геодинамическая** карта западной части Палеоазиатского океана / Н. А. Берзин, Р. Г. Колман, Н. Л. Добрецов и др. // Геология и геофизика. – 1994. – Т. 35, № 7–8. – С. 8–28.
7. **Геодинамические** комплексы и этапы развития Колывань-Томской складчатой зоны (Западная Сибирь) / Л. В. Кунгурцев, Г. С. Федосеев, В. А. Широких и др. // Геология и геофизика. – 1998. – Т. 39, № 1. – С. 26–37.
8. **Государственная** геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000 (изд. 2-е). Серия Кузбасская. Лист О-45-XXXII (Тайга) / Н. Ю. Ахмадзин, О. А. Дубинская, О. П. Капишникова и др. – СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2018. – 207 с.
9. **Государственная** геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Алтае-Саянская. Лист N-44 (Новосибирск) / Г. А. Бабин, А. И. Черных, А. Г. Головина и др. – СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2015. – 392 с. + 4 вкл.
10. **Гутак Я. М., Антонова В. А.** Корреляция средне-верхнедевонских отложений севера Кузбасса и Томь-Колыванской области // Геосферные исследования. – 2017. – № 2. – С. 68–76.
11. **Зоненшайн Л. П., Кузьмин М. И., Натопов Л. М.** Тектоника литосферных плит территории СССР. В 2 т. – М.: Недра, 1990 – Т. 1. – 325 с.; Т. 2. – 334 с.
12. **Изох Н. Г., Язиков А. Ю.** Новые данные о возрасте известняков Шипуновского мраморно-



го карьера (окрестности г. Искитим Новосибирской области) // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунауч. конгр. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.): Междунауч. 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. 63–67.

13. **История** формирования Колывань-Томской складчатой зоны по результатам U/Pb LA-ICP-MS датирования детритового циркона / Ф. И. Жимулев, Дж. Гиллеспи, С. Глорие и др. // Геология и минералогия северной Евразии. – Новосибирск, 2017. – С. 75–77.

14. **Корреляция** герцинских деформаций, осадконакопления и магматизма алтайской коллизионной системы как отражение плейт- и плюмтектоники / А. Г. Владимиров, Н. Н. Крук, О. П. Полянский и др. // Проблемы тектоники Центральной Азии. – М.: Геос, 2005. – С. 277–308.

15. **Котляров А. В., Ветров Е. В.** Петрохимическая характеристика средне-верхнедевонского вулканизма Колывань-Томской складчатой зоны и Салаира // Петрология магматических и метаморфических комплексов: сб. тр. конф. – Томск: ТГУ, 2017. – С. 229–231.

16. **Лоскутов В. Ф.** Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Кузбасская. Лист N-45-II: объяснительная записка. – М.: Недра, 1965. – 81 с.

17. **Матвеевская А. Л.** Герцинские прогибы Обь-Зайсанской геосинклинальной системы и ее обрамления. – М.: Наука, 1969. – 286 с.

18. **О возрасте** буготакской свиты Колывань-Томской складчатой зоны по палеонтологическим данным / А. Ю. Язиков, Н. Г. Изох, В. А. Широких, В. А. Кутюлин // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунауч. науч. конгр. (г. Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.): Междунауч. 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. 212–216.

19. **Решения** Всесоюзного совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем докембрия, палеозоя и четвертичной системы Средней Сибири. Новосибирск, 1979 г. Ч. II. Средний и верхний палеозой. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1982. – 129 с.

20. **Руднев С. Н.** Раннепалеозойский гранитоидный магматизм Алтае-Саянской складчатой области и Озерной зоны Западной Монголии. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – 300 с.

21. **Geological** map of Central Asia and Adjacent Areas, scale 1:2 500 000/ ed. Li T et al. – Beijing: Geological Publishing House, 2008.

22. **Goldstein S. J., Jacobsen S. B.** Nd and Sr isotopic systematics of rivers water suspended material: implications for crustal evolution // Earth and Planetary Science Letters. – 1988. – Vol. 87. – P. 249–265.

23. **Iolite:** freeware for the visualisation and processing of mass spectrometric data / C. Paton, J. Hellstrom, B. Paul, et al. // Journal of Analytical Atomic Spectrometry. – 2011. – Vol. 26. – P. 2508–2518.

24. **Jacobsen S. B., Wasserburg G. J.** Sm-Nd evolution of chondrites and achondrites // Earth and Planetary Science Letters. – 1984. – Vol. 67. – P. 137–150.

25. **Keto, L. S., Jacobsen S. B.** Nd and Sr isotopic variations of Early Paleozoic oceans // Earth and Planetary Science Letters. – 1987. – Vol. 84. – P. 27–41.

26. **Narkiewicz K., Bultynck P.** The Upper Givetian (Middle Devonian) subterminus conodont Zone in North America, Europe and North Africa // Paleontology. – 2010. – Vol. 84(4). – P. 588–625.

27. **Plešovice zircon** – a new natural reference material for U-Pb and Hf isotopic microanalysis / J. Sláma, J. Košler, D. J. Condon et al. // Chemical Geology. – 2008. – Vol. 249. – P. 1–35.

28. **Taylor S. R., McLennan S. M.** The Continental Crust: its Evolution and Composition. – London: Blackwell, 1985. – 312 p.

29. **The application** of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry to in situ U-Pb zircon geochronology / S. E. Jackson, N. J. Pearson, W. L. Griffin, E. A. Belousova // Chemical Geology. – 2004. – Vol. 211. – P. 47–69.

REFERENCES

1. Bayanova T.B. *Vozrast reперnykh geologicheskikh kompleksov Kol'skogo regiona i dlitel'nost' protsessov magmatizma* [The age of reference geological complexes of the Kola Region and duration of magmatic processes]. Saint Petersburg, Nauka Publ., 2004. 174 p. (In Russ.).

2. Yazikov A. Yu. et al. [Bio- and lithostratigraphic characteristics of the Izylinsky horizon (Devonian, western margin of the Kuznetsk basin)]. *Regional'naya stratigrafiya pozdnego dokembriya i paleozoya Sibiri: sb. nauch. trudov* [Regional stratigraphy of the Late Precambrian and Paleozoic of Siberia: coll. sci. works]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2013, pp. 146–155. (In Russ.).

3. Vasyutinskaya T.F., Mikhaylovskiy D.V. *Geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1:200000. Seriya Kuzbasskaya. List N-44-XII: ob'yasnitel'naya zapiska* [Geological map of the USSR at the scale of 1: 200000. Series Kuzbass. Sheet N-44-XII: explanatory note]. M., SRTP of literature on geology and conservation of mineral resources, 1963. 116 p. (In Russ.).

4. Zhimulev F.I., et al. [The age of the feeding provinces of the Gorlovsky forward trough: dating results of detrital zircons from sandstones of the Balakhonskaya series]. *Geosfernye issledovaniya – Geospheric researches*, 2017, no. 2, pp. 33–48. (In Russ.).

5. Sotnikov V.I., et al. *Geodinamika, magmatizm i metallogeniya Kolyvan'-Tomskoy skladchatoy zony* [Geodynamics, magmatism and metallogeny of the Kolyvan-Tomsk folded zone]. Novosibirsk, SB RAS, NITs OIGGM Publ., 1999. 227 p. (In Russ.).



6. Berzin N.A., Kolman R.G., Dobretsov N.L., et al. [Geodynamic map of the western part of the Paleo-Asiatic Ocean]. *Geologiya i geofizika*, 1994, vol. 35, no. 7–8, pp. 8–28. (In Russ.).
7. Kungurtsev L.V., Fedoseev G.S., Shirokikh V.A., et al. *Geodinamicheskie komplekсы i etapy razvitiya Kolyvan'-Tomskoy skladchatoy zony (Zapadnaya Sibir')* [Geodynamic complexes and stages of development of the Kolyvan-Tomsk folded zone (West Siberia)]. *Geologiya i geofizika*, 1998, vol. 39, no. 1, pp. 26–37. (In Russ.).
8. Akhmadshin N. Yu., et al. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1:200000 (izdanie vtoroe). Seriya Kuzbasskaya. List O-45-XXXII (Tayga): ob'yasnitel'naya zapiska* [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1: 200000 (second edition). Series Kuzbass. Sheet O-45-XXXII (Taiga): explanatory note]. Saint Petersburg, VSEGEI Cartographic factory, 2018. 207 p. (In Russ.).
9. Babin G.A., et al. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1:1000 000 (tret'e pokolenie). Seriya Altae-Sayanskaya. List N-44-Novosibirsk: ob'yasnitel'naya zapiska* [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1: 1 000 000 (third generation). The Altai-Sayan series. Sheet N-44-Novosibirsk: explanatory note]. Saint Petersburg, VSEGEI Cartographic factory, 2015. 392 p.+4 incl. (In Russ.).
10. Gutak Ya.M., Antonova V.A. [Correlation of Middle-Upper Devonian deposits of the north of Kuzbass and Tom-Kolyvan Region]. *Geosfernye issledovaniya – Geospheric researches*, 2017, no. 2, pp. 68–76. (In Russ.).
11. Zonenshayn L.P., Kuzmin M.I., Natapov L.M. *Tektonika litosfernykh plit territorii SSSR* [Tectonics of lithospheric plates of the USSR territory]. Moscow, Nedra Publ., 1990, vol. 1, 325 p.; vol. 2, 334 p. (In Russ.).
12. Izokh N.G., Yazikov A.Yu. [New data on the age of limestones of the Shipunovsky marble quarry (in the neighborhood of Iskitim, Novosibirsk Region)] *Interexpo GEO-Sibir'-2015. XI Mezhdunar. nauch. kongr. (g. Novosibirsk, 13–25 aprelya 2015 g.): Mezhdunar. nauch. konf. "Nedropol'zovanie. Gornoe delo. Napravleniya i tekhnologii poiska, razvedki i razrabotki mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh. Geoekologiya": sb. materialov v 3-kh tomakh* [Interexpo GEO-Siberia-2015. XI Intern. sci. congress. (Novosibirsk, April 13–25, 2015): Intern. sci. conf. "Subsoil Use: Mining: Directions and Technologies for Prospecting, Exploration and Development of Mineral Deposits. Geoecology": coll. materials in 3 volumes]. Novosibirsk, SGUGiT Publ., 2015, vol. 1, pp. 63–67. (In Russ.).
13. Zhimulev F.I., Gillespi J., Glorie S., et al. [The history of the formation of the Kolyvan-Tomsk folded zone according to the results of U/Pb LA-ICP-MS dating of detrital zircon] *Geologiya i minerageniya severnoy Evrazii: sb. nauch. rabot* [Geology and mineralogy of northern Eurasia: coll. sci. works]. Novosibirsk, 2017, pp. 75–77. (In Russ.).
14. Vladimirov A.G., Kruk N.N., Polyanskiy O.P., et al. [Correlation of Hercynian deformations, sedimentation and magmatism of the Altai collision system as a reflection of plate and plume tectonics]. *Problemy tektoniki Tsentral'noy Azii: sb. nauch. rabot* [Problems of Central Asian tectonics: a collection of scientific papers]. Moscow, Geos Publ., 2005, pp. 277–308. (In Russ.).
15. Kotlyarov A.V., Vetrov E.V. [Petrochemical characteristics of the Middle-Upper Devonian volcanism of the Kolyvan-Tomsk folded zone and Salair]. *Trudy konferentsii "Petrologiya magmaticheskikh i metamorficheskikh kompleksov"* [Proc. Conf. "Petrology of igneous and metamorphic complexes"]. Tomsk, TSU Publ., 2017, p. 229–231. (In Russ.).
16. Loskutov V.F. *Geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1:200000. Seriya Kuzbasskaya. List N-45-II: ob'yasnitel'naya zapiska* [Geological map of the USSR. Scale 1: 200000. Series Kuzbass. Sheet N-45-II: explanatory note]. Moscow, Nedra Publ., 1965. 81 p. (In Russ.).
17. Matveevskaya A.L. *Gertsinskie progiby Ob'-Zaysanskoy geosinklinal'noy sistemy i ee obramleniya* [Hercynian troughs of the Ob-Zaisan geosynclinal system and its framing]. Moscow, Nauka Publ., 1969. 286 p. (In Russ.).
18. Yazikov A. Yu., Izokh N.G., Shirokikh V.A., Kutoilin V.A. [On the age of the Bugotakskaya Formation of the Kolyvan-Tomsk folded zone according to paleontological data] *Interexpo GEO-Sibir'-2015. XI Mezhdunar. nauch. kongr. (g. Novosibirsk, 13–25 aprelya 2015 g.): Mezhdunar. nauch. konf. "Nedropol'zovanie. Gornoe delo. Napravleniya i tekhnologii poiska, razvedki i razrabotki mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh. Geoekologiya": sb. materialov v 3-kh tomakh* [Interexpo GEO-Siberia-2015. XI Intern. sci. congress. (Novosibirsk, April 13–25, 2015): Intern. sci. conf. "Subsoil Use: Mining: Directions and Technologies for Prospecting, Exploration and Development of Mineral Deposits. Geoecology": coll. materials in 3 volumes]. Novosibirsk, SGUGiT Publ., 2015, vol. 1, pp. 212–216. (In Russ.).
19. *Resheniya Vsesoyuznogo soveshchaniya po razrabotke unifitsirovannykh stratigraficheskikh skhem dokembriya, paleozoya i chetvertichnoy sistemy Sredney Sibiri. Novosibirsk, 1979 g.* [Decisions of the All-Union Meeting on the Development of Unified Stratigraphic Charts of Precambrian, Paleozoic and Quaternary of Central Siberia. Novosibirsk, 1979]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 1982. Part II: Middle and Upper Paleozoic. 129 p. (In Russ.).
20. Rudnev S.N. *Rannepaleozoyskiy granitoidnyy magmatizm Altae-Sayanskoy skladchatoy oblasti i Ozernoy zony Zapadnoy Mongolii* [Early Paleozoic granitoid magmatism of the Altai-Sayan folded area and the Lake Zone of Western Mongolia]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2013. 300 p. (In Russ.).
21. Geological map of Central Asia and Adjacent Areas, scale 1:2 500 000 / ed. Li Tingdong, et al. Beijing, Geological Publishing House, 2008.
22. Goldstein S.J., Jacobsen S.B. Nd and Sr isotopic systematic of rivers water suspended material: implica-



tions for crustal evolution. *Earth and Planetary Science Letters*, 1988, vol. 87, pp. 249–265.

23. Paton C., Hellstrom J., Paul B., et al. Iolite: freeware for the visualisation and processing of mass spectrometric data. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 2011, vol. 26, pp. 2508–2518.

24. Jacobsen S.B., Wasserburg G.J. Sm-Nd evolution of chondrites and achondrites. *Earth and Planetary Science Letters*, 1984, vol. 67, pp. 137–150.

25. Keto L.S., Jacobsen S.B. Nd and Sr isotopic variations of Early Paleozoic oceans. *Earth and Planetary Science Letters*, 1987, vol. 84, pp. 27–41.

26. Narkiewicz K., Bultynck P. The Upper Givetian (Middle Devonian) subterminus conodont Zone in

North America, Europe and North Africa. *Paleontology*, 2010, vol. 84(4), pp. 588–625.

27. Sláma J., Kosler J., Condon D.J., et al. Plesovice zircon – a new natural reference material for U-Pb and Hf isotopic microanalysis. *Chemical Geology*, 2008, vol. 249, pp. 1–35.

28. Taylor S.R., McLennan S.M. The Continental Crust: Its Evolution and Composition. London, Blackwell, 1985. 312 p.

29. Jackson S.E., Pearson N.J., Griffin W.L., Belousova E.A. The application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry to in situ U-Pb zircon geochronology. *Chemical Geology*, 2004, vol. 211, pp. 47–69.

© Ф.И. Жимулев, Дж. Гиллеспи, С. Глорие, А. В. Котляров, Е. В. Ветров, Й. Де Граве, 2018



ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ И ОЦЕНКА РЕСУРСОВ БОТУОБИНСКОГО ГОРИЗОНТА НА ВОСТОКЕ ЦЕНТРАЛЬНО-ТУНГУССКОЙ (СЮГДЖЕРСКОЙ) НГО РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

С. А. Моисеев, А. М. Фомин, Д. В. Маслов

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

Основные перспективы нефтегазоносности восточной части Центрально-Тунгусской (Сюгджерской) НГО связаны с терригенными отложениями венда и нижнего кембрия. Одним из наиболее перспективных является ботуобинский продуктивный горизонт, к которому приурочены многочисленные залежи в Непско-Ботуобинской НГО. На востоке Центрально-Тунгусской (Сюгджерской) НГО также имеются значительные перспективы для выявления крупных скоплений нефти и газа в этом горизонте. В работе дана характеристика строения и обоснованы перспективы нефтегазоносности ботуобинского горизонта в восточной части Сюгджерской НГО. На основании детальной корреляции показано, что горизонт здесь залегает в виде трех изолированных разновозрастных баровых тел. Приведена оценка ресурсов углеводородов ботуобинского горизонта.

Ключевые слова: Сюгджерская НГО, венд, горизонт, баровая система, ресурсы нефти и газа.

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)

S. A. Moiseev, A. M. Fomin, D. V. Maslov

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

The main petroleum prospects of the eastern part of the Central Tunguska (Syugdzher) petroleum region (PR) are associated with terrigenous deposits of Vendian and Lower Cambrian. The Botuoba productive horizon is one of the most promising. Numerous deposits are associated with this horizon in the Nepa-Botuoba PR. In the east of the Central Tunguska (Syugdzher) PR, there are also significant prospects for identifying large oil and gas accumulations in this horizon. The paper describes the structure and substantiates petroleum prospects of the Botuoba horizon in the eastern part of the Central Tunguska (Syugdzher) PR. On the basis of detailed correlation, it is shown that the horizon in the area under study occurs in the form of three isolated uneven-aged bars. An estimation of hydrocarbon resources of the Botuoba horizon is presented.

Keywords: Syugdzher petroleum region, Vendian, horizon, bar system, hydrocarbon resources.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-3-25-34

В 2009 г. была введена в эксплуатацию первая очередь трубопроводной системы ВСТО-1 от г. Тайшета до пос. Сковородино. Спустя 3 года подключена вторая очередь проекта (ВСТО-2) от Сковородино до Козьмино. В 2018 г. ООО «Транснефть – Восток» планирует перекачать по трубопроводной системе ВСТО-1 более 66 млн т нефти. Такое увеличение вызвано новыми объемами транспортировки нефти в Китай. Кроме того, в 2019 г. планируется начать поставки газа в Китай по строящемуся газопроводу «Сила Сибири». В этих условиях представляется необходимым определение перспективных территорий для поисков и разведки месторождений нефти и газа, расположенных в непосредственной близости от действующей трубопроводной системы.

Одной из таких территорий является восточная часть Центрально-Тунгусской (Сюгджерской) НГО, расположенная к северу от Среднеботуобинского месторождения, которое введено в промышленную эксплуатацию в 2013 г. [4, 6, 12, 13] (рис. 1).

Глубокое бурение в Центрально-Тунгусской (Сюгджерской) НГО начато в 1962 г. (Мархинская опорная скв. 1), а в 1965 г. структурно-поисковая

скв. 2 вскрыла полный разрез кембрийских и вендских отложений общей толщиной около 2000 м.

С 1982 по 1992 г. на основе разработанной ПГО «Ленанефтегазгеология» комплексной программы регионального изучения нефтегазоносности Сюгджерской НГО пробурено 17 параметрических и поисковых скважин. Всего в Центрально-Тунгусской НГО было пробурено 36 глубоких скважин, из которых 27 вскрыли отложения верхнего протерозоя.

Сейсморазведочные работы МОГТ 2Д 1970–1980 гг. позволили установить ряд локальных поднятий. В 2011–2013 гг. были выполнены региональные сейсморазведочные работы методом МОГТ-2Д объемом 1488,2 км к юго-востоку от Тюкянской полувпадины [14] (восточная часть Центрально-Тунгусской НГО). По данным бурения и сейсморазведки выявлено отсутствие терригенных отложений венда на западе изучаемой территории, а на востоке толщина терригенной части разреза достигает 376 м [11].

При сопоставлении геологических разрезов вендских терригенных отложений территорий восточных районов Центрально-Тунгусской (Сюг-

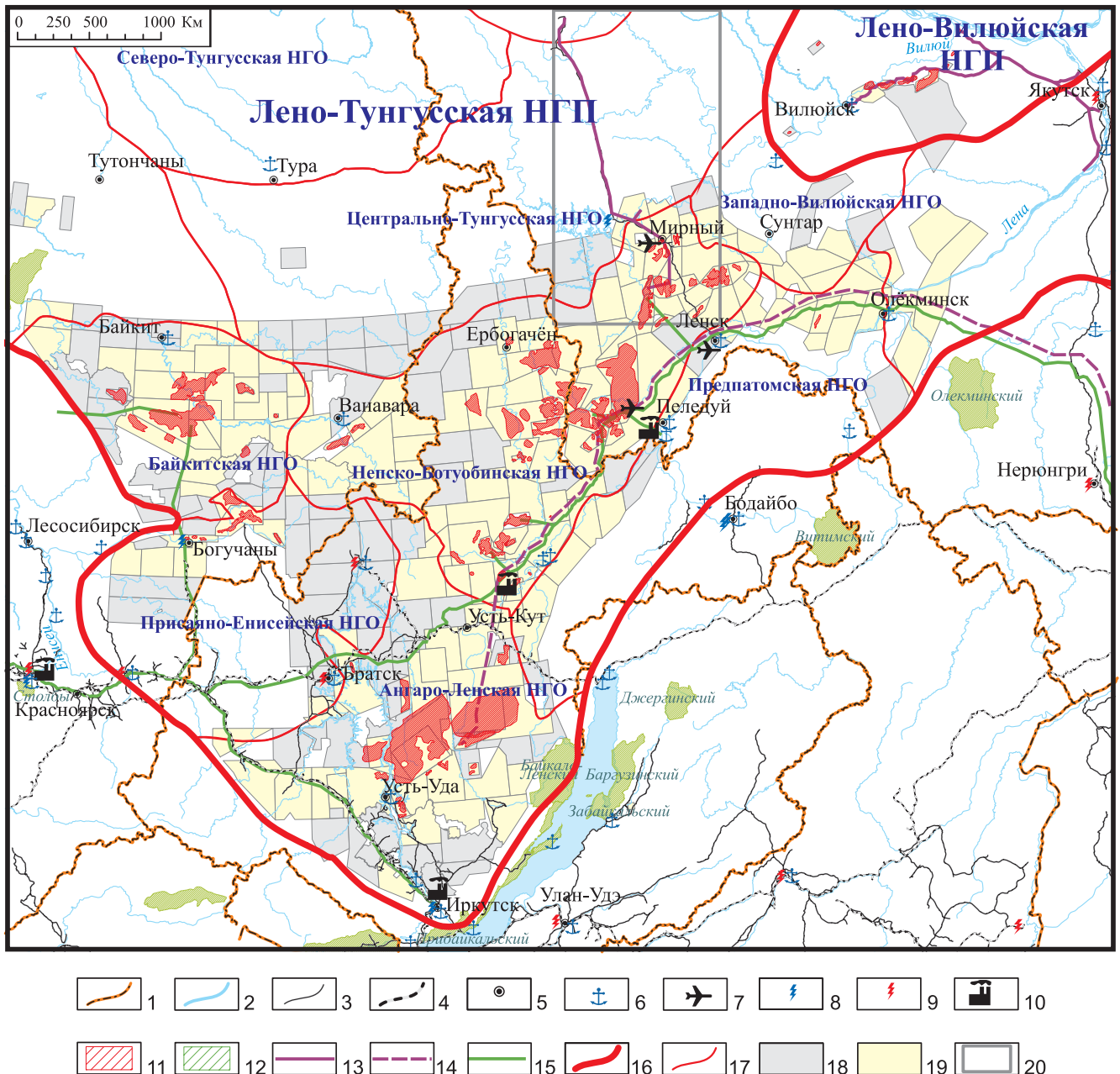


Рис. 1. Обзорная карта южной части Сибирской платформы

1 – административные границы; 2 – гидросеть; 3 – автодороги; 4 – железные дороги; 5 – населенные пункты; 6 – речные порты; 7 – аэропорты; 8 – ГЭС; 9 – ТЭЦ; 10 – НПЗ; 11 – месторождения; 12 – заповедники; газопроводы: 13 – действующие, 14 – строящийся; 15 – нефтепроводы действующие; границы: 16 – НГП, 17 – НГО; участки фонда недр: 18 – нераспределенного, 19 – распределенного; 20 – территория исследования

джерской) НГО и северных районов Непско-Ботубинской было выявлено много общего. Так же как и в Непско-Ботубинской, в разрезе терригенного венда Центрально-Тунгусской НГО отмечены ботубинский (B_5), улаханский (B_{5a}), талашский (B_{13}), вилучанский (B_{14}) песчаные потенциально продуктивные горизонты.

Ботубинский горизонт (пласт B_5) вскрыт девятью скважинами в пределах Тюянской полувадины. Толщина горизонта на рассматриваемой территории (север НБА и Тюянская полувадина) меняется от 2 м (Бахчинская 2431) до 31 м (Дюданская 2910), причем максимальные значения (17–31 м) зафиксированы в северной ее половине

(скважины Эйикская 3430 и Мархино-Андоийская 3231 – 24–30 м; Накынская 2950, Дюданская 2910 и Онхойдохские 2520, 2521 – 17–31 м).

В Мархинско-Андоийской скв. 3231 ботубинский горизонт (2575–2602 м) – это песчаники мелко-среднезернистые кварцевые на слабом глинистом и регенерационном кварцевом цементе. В средней и нижней частях интервала они содержат битумный цемент, а при раскалывании коричневатосерых их разностей ощущается запах конденсата. Общий вынос керна по горизонту 82 %. Бурение проводилось на глинистом растворе плотностью 1160–1240 кг/м³. Интервал 2520,6–2589,0 м испытан в открытом стволе при депрессии на пласт



14,7 МПа, получена смесь пластовой воды (71 %) с фильтратом бурового раствора (ФБР) (29 %) плотностью 1250 кг/м³ и дебитом 6,75 м³/сут. Значения пористости по лабораторным определениям составили от 2,0 до 8,9 %, в среднем 7,1 %.

В *Эйикской скв. 3430* ботубобинский горизонт (2201–2231 м) сложен песчаниками средне-мелкозернистыми с прослоями аргиллитов и песчаниками разномелкозернистыми с редким гравием и плоской галькой аргиллитов. Общий вынос керн по горизонту 41 %. Бурение проводилось на глинистом растворе плотностью 1190–1240 кг/м³. Интервал 2182,5–2226,5 м испытан в открытом стволе при депрессии на пласт 8,4 МПа, притока не получено. Значения пористости по ГИС изменяются от 0,7 до 8 %.

В *Накынской скв. 2950* ботубобинский горизонт (3029–3060 м) представлен переслаиванием песчаников (до 90 %) коричневатого-светло-серых мелкозернистых с прослоями мелко-среднезернистых на контактовом регенерационном кварцевом и пятнистом пойкилитовом ангидритовом цементе. Верхние 7,2 м песчаников обильно пропитаны светло-коричневым битумом. Порода сильно пахнет конденсатом. Общий вынос керн по горизонту составил 82 %. Бурение горизонта проводилось на полимерно-солевом (гельфосфатном) растворе с добавками ОЭЦ-Т и асбестовой пасты плотностью 1150–1180 кг/м³. Интервал 3034,1–3067,3 м испытан в открытом стволе, при депрессии на пласт 14,5 МПа притока не получено. Пористость по керну достигает 10,2 %.

В *Дюданской скв. 2910* ботубобинский горизонт (3378–3409 м) сложен песчаниками мелкозернистыми и мелко-среднезернистыми кварцевыми на кварцевом регенерационном цементе с резким запахом конденсата. Общий вынос керн по горизонту 52 %. Бурение проводилось на гельфосфатном растворе. Интервал 3363,6–3398,3 м испытан дважды в открытом стволе при депрессии на пласт 17,5 МПа, получен приток газированной пластовой воды (>50 %), ФБР и промывочной жидкости плотностью 1207 кг/м³ и дебитом 6,1–8,5 м³/сут. Пористость песчаников по ГИС в инт. 3388–3398 м составила в среднем 7,1 %, пластовое давление на глубине 3127,3 м – 30,77 МПа.

В *Ханнинской скв. 3220* ботубобинский горизонт (2950–2973 м) в верхней части (7 м) представлен песчаниками мелкозернистыми алевритистыми, средне-мелкозернистыми, средне-крупнозернистыми и разномелкозернистыми гравелитистыми на кварцево-глинистом цементе. В некоторых прослоях в поровом цементе присутствует коричневый битум. Цемент равномерно пятнистый пойкилитовый ангидритовый и регенерационный кварцевый, на свежем сколе ощущается запах конденсата. Общий вынос керн по горизонту 82,6 %. Бурение горизонта проводилось на глинистом минерализованном растворе. Интервал 2949,5–2994,0 м испытан в открытом стволе, при депрессии на пласт 18,87 МПа

получен приток газированной пластовой воды хлор-кальциевого типа (рН 4,0) плотностью 1300 кг/м³ и дебитом 69,7 м³/сут. Пористость песчаников по ГИС составила в среднем 8,9 %.

В *Садынской скв. 3420* ботубобинский горизонт (3134–3145 м) – это песчаники мелкозернистые, алевритистые кварцевые, массивные на глинисто-доломитовом цементе с включениями темно-коричневого битума в порах и в регенерационном кварцевом цементе. На свежем сколе ощущается слабый запах газоконденсата. Общий вынос керн по горизонту составил 66,7 %. Бурение горизонта проводилось на глинистом минерализованном растворе. Интервал 2949,5–2994,0 м испытан в открытом стволе, при депрессии на пласт 18,87 МПа получен приток газированной пластовой воды дебитом 69,7 м³/сут.

В *Онхойдохской скв. 2520* ботубобинский горизонт (2583–2601 м) составлен песчаниками средне-мелкозернистыми с тонкими прослойками гравелитов разномелкозернистых песчаных в верхней половине слоя и переслаиванием песчаников и аргиллитов алевритистых плитчатых в нижней. В верхней половине песчаники пропитаны битумом. Перекрывающие их доломито-ангидриты мелкокавернозные, в кавернах присутствуют капли вязкой темно-коричневой нефти. Общий вынос керн по горизонту составил 57,7 %.

В указанной скважине при испытании отложений нижней части чаяндинской свиты и верхней части талахской свиты (2590–2637 м) получен интенсивный приток (дебит 296 м³/сут) газированной воды. Ботубобинский горизонт вскрыт на глинисто-минерализованном растворе плотностью 1260 кг/м³ при пластовом давлении 31 МПа и температуре пласта 13 °С. Горизонт представлен четырьмя пластами-коллекторами (2584,0–2584,6 м, 2584,8–2586,4 м, 2587,2–2586,0 м, 2596,8–2598,6 м), которые разделены маломощными покрывками. Несмотря на высокую остаточную нефтенасыщенность, эти пласты-коллекторы по результатам интерпретации комплекса ГИС были квалифицированы как водоносные.

В *Онхойдохской скв. 2521* ботубобинский горизонт вскрыт в инт. 2619,0–2637,0 м и состоит из двух пластов-коллекторов (2619,0–2622,0 м, 2635,0–2637,0 м), разделенных маломощной покрывкой. Верхний пласт – это песчаники мелкозернистые кварцевые с линзовидно-волнистой и косою слоистостью с редкими линзами аргиллитов (менее 5 %). Прослоями песчаники сцементированы слабо: рассыпаются в песок. Покрывка между пластами сложена аргиллитом доломитовым алевритистым с прерывистой горизонтальной слойчатостью и доломитом микрозернистым с многочисленными линзочками и стяжениями ангидрита коричневатого-серого и примесью терригенного кварца песчаной размерности. Нижний пласт – песчаники крупно-среднезернистые, средне-мелкозернистые и мелкозернистые кварцевые на базально-поровом, участками на пойкилитовом ангидритовом и битумно-глинистом цементе. По результатам интерпретации



комплекса ГИС данные пласты квалифицированы как продуктивные, обводненные (продукт + вода). Это было подтверждено результатами опробования испытателем пластов в инт. 2593,8–2651,0 м (получен приток пластовой воды $1,6 \text{ м}^3$ плотностью 1277 кг/м^3 с пленкой нефти). При повторном его испытании при $H_{\text{дин}} = 1240 \text{ м}$ получено $3,46 \text{ м}^3/\text{сут}$ воды с растворенным газом и пленкой нефти. При опробовании инт. 2582,9–2628 м (бюкская свита + верхняя часть чаяндинской) притока не получено. При проведении опробования пласта на кабеле (ОПК) на глубине 2657,2 м (чаяндинская свита) получено 2 л нефти.

Анализ приведенных данных позволяет нам сделать вывод о том, что отсутствие притоков углеводородов из ботуобинского горизонта в значительной мере связано с несовершенством методов вскрытия и испытания пласта в условиях низких пластовых давлений и температур. Скважины в пределах Сюджжерской НГО были пробурены в основном в 1982–1991 гг., при этом отложения терригенного венда вскрывались на глинистом растворе с удельным весом $1200\text{--}1260 \text{ кг/м}^3$, что приводило к кольматации песчаников. Ботуобинский горизонт, как правило, испытывался в открытом стволе испытателем пласта, в результате чего в большей части скважин были получены притоки воды или фильтрата бурового раствора часто с повышенной газонасыщенностью и пленкой нефти. В порах песчаников отмечалось наличие капельно-жидкой нефти и повышенное содержание битума.

Аналогичная ситуация со вскрытием и испытанием ботуобинского горизонта отмечена на ряде других площадей. В частности, на начальных этапах разведки Среднеботуобинского месторождения вскрытие исследуемого горизонта проводилось на глинистых растворах, а промышленные притоки нефти и газа стали получать только после перехода на ВИЭР (высококонцентрированные инверторные эмульсионные растворы). Уместно также вспомнить разведку Тас-Юряхского месторождения: в начале 1970-х гг. после бурения трех скважин были получены слабые притоки нефти, ФБР или воды, тогда изучение месторождения было законсервировано на многие годы.

Сложные термобарические условия требуют тщательного подхода к выбору буровых растворов при вскрытии продуктивных горизонтов.

Одним из наглядных положительных примеров этому является бурение и испытания Нелятской скв. 2591 в 1993 г. Ботуобинский горизонт (2147,6–2164,4 м) был вскрыт на асбогелевом растворе плотностью 1200 кг/м^3 при пластовом давлении $16,8 \text{ МПа}$ и температуре пласта $10,2 \text{ }^\circ\text{C}$. В верхней половине он представлен песчаниками среднезернистыми кварцевыми горизонтально-слоистыми с капельно-жидкой нефтью в порах и запахом конденсата на свежем сколе. В нижней половине наблюдаются песчаники мелкозернистые кварцевые слабо сцементированные, отмечено выделение газа. Общий вынос керна

по горизонту составил $61,4 \%$. Интервал 2147–2165 м испытан прибором ПКС-80 с заполнением скважины нефтью. Был получен интенсивный приток газа дебитом $372 \text{ тыс. м}^3/\text{сут}$.

Анализируя неудачи при проведении нефтегазопроисковых работ в Центрально-Тунгусской (Сюджжерской) НГО, следует обратить внимание на низкий уровень подготовки структур к бурению, что затрудняет процесс работ [4, 12].

Кроме ботуобинского, в восточной части Центрально-Тунгусской (Сюджжерской) НГО выявлен еще ряд продуктивных горизонтов.

Улаханский горизонт (B_{5a}), один из основных продуктивных в северных районах Мирнинского выступа, по нашим построениям, залегает непосредственно под ботуобинским и представлен в основном переслаивающимися среднезернистыми, мелко-среднезернистыми и мелкозернистыми кварцевыми песчаниками с хорошей сортировкой обломочного материала. Прослой крупно-среднезернистых разностей встречены только на юго-востоке области его распространения.

Талахский горизонт (B_{13}) в Центрально-Тунгусской (Сюджжерской) НГО горизонт в 11 скважинах. В западной части НГО горизонт отсутствует. Максимальная его толщина в Накынской скв. 2950 составляет 82 м (рис. 2). По литологическому составу талахский горизонт весьма неоднороден, что проявляется в сложном неравномерном переслаивании гравелитов, разнозернистых песчаников, алевролитов и аргиллитов. Песчаники кварц-полевошпатовые, в качестве цементирующего материала на различных участках территории и в различных интервалах разреза присутствуют хлорит, гидрослюда, доломит и ангидрит. Породы, слагающие горизонт, представлены гранулометрическими разностями от гравелитов до аргиллитов, но их содержание несколько изменяется как по площади, так и по разрезу. При этом зависимости между составом и толщиной горизонта не наблюдается. В разрезе горизонта зернистость песчаников повсеместно уменьшается снизу вверх. Водонасыщенные коллекторы талахского горизонта распространены локально, на рассматриваемой территории – только в Эйикской скв. 3430, толщина их 6,2 м.

Вилючанский горизонт (B_{14}) вскрыт на Ханнинской (46 м) и Среднемархинской (67 м) площадях, где сложен песчаниками разнозернистыми гравелитистыми до гравелитов песчанистыми на глинистом цементе или мелкозернистыми песчаниками с участками переслаивания песчаников и аргиллитов. Восточнее Среднемархинской площади горизонт может быть вскрыт на глубинах от 5000 м и ниже.

Результаты бурения параметрических и поисковых скважин в восточной части Центрально-Тунгусской (Сюджжерской) НГО, данные геолого-технологических исследований и материалы ГИС позволяют достаточно высоко оценивать перспективы нефтегазоносности этой обширной территории [2, 7, 8].

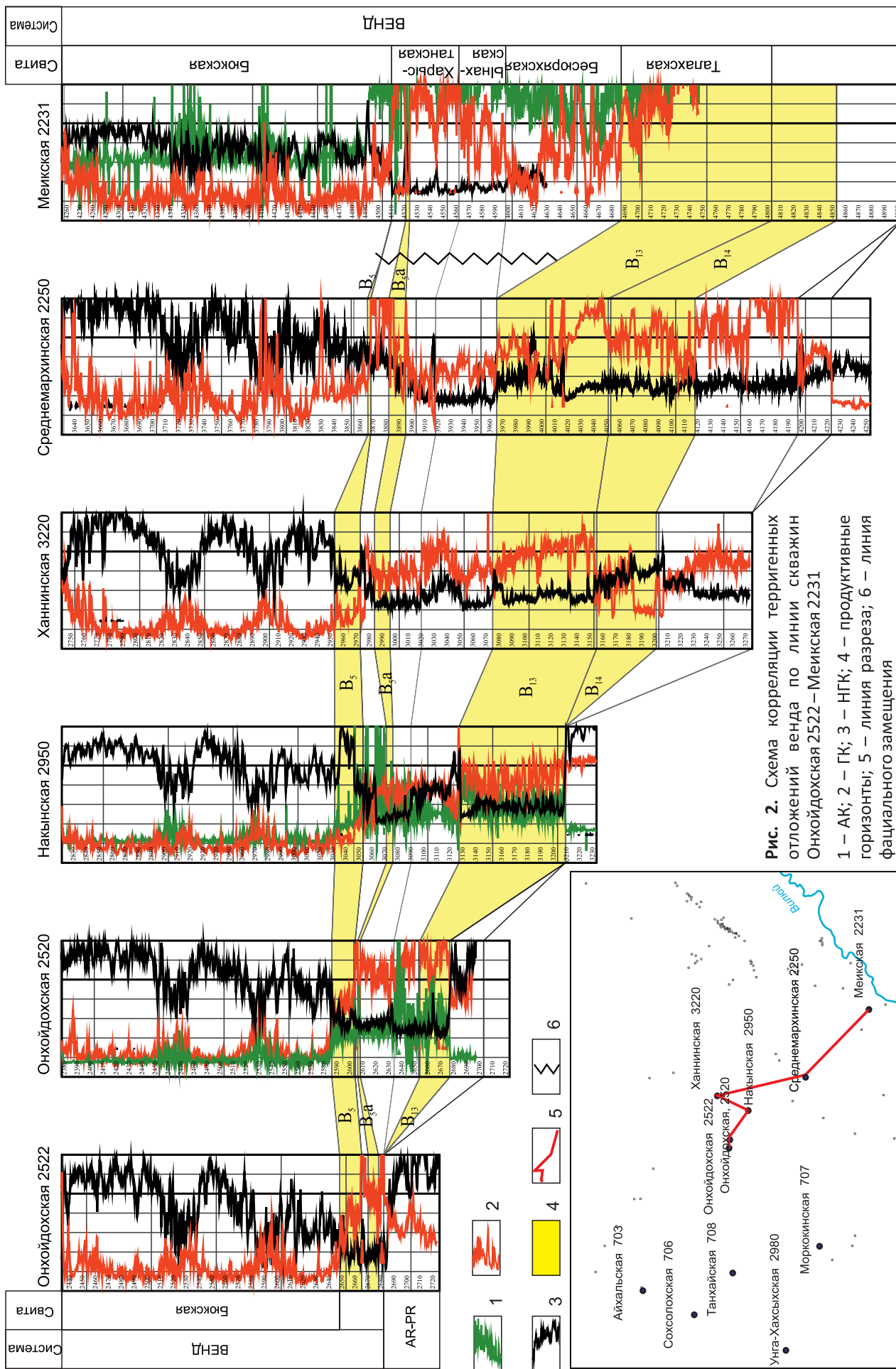
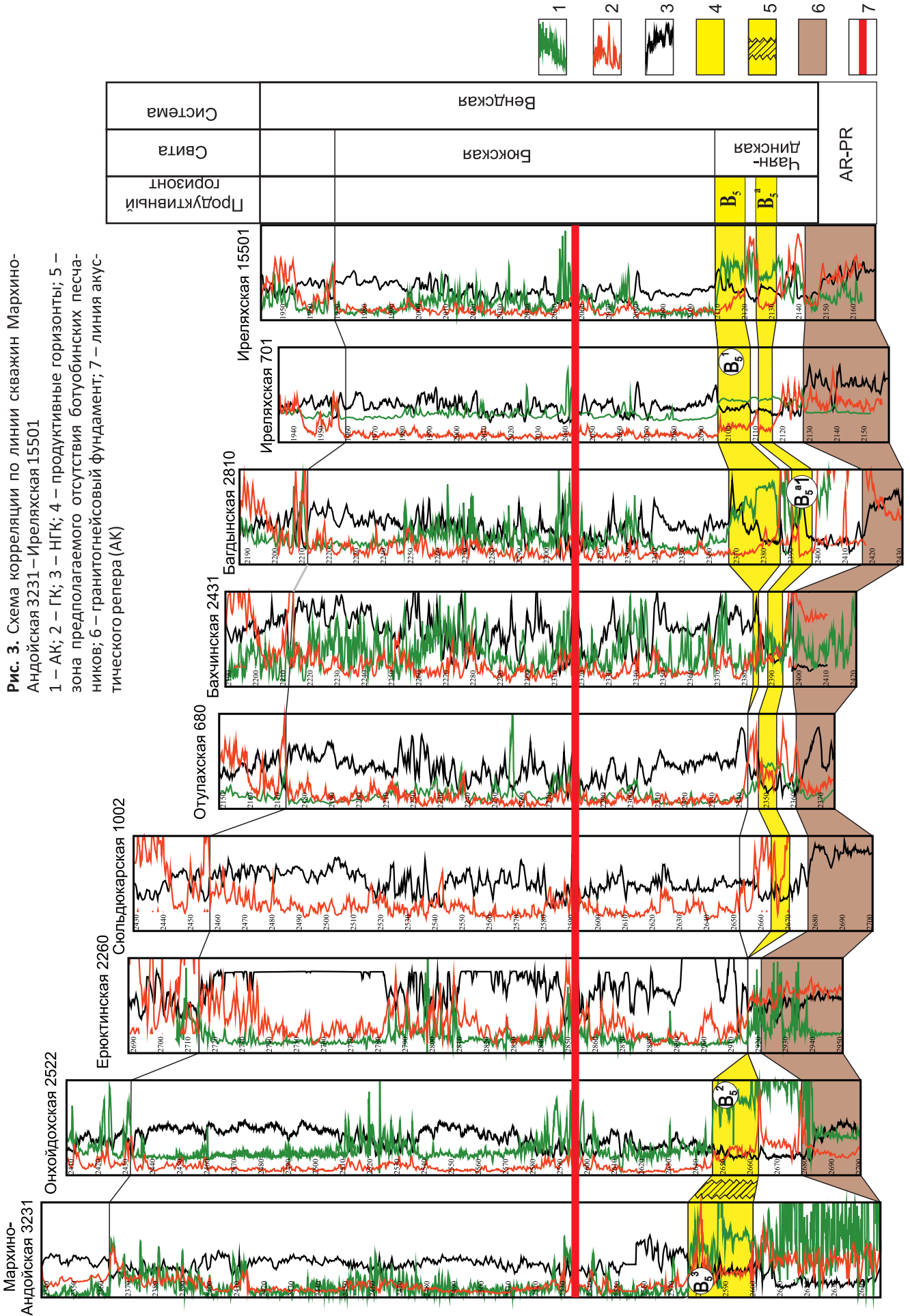


Рис. 2. Схема корреляции терригенных отложений венда по линии скважин Онхойдохская 2522 – Меикская 2231

1 – АК; 2 – ГК; 3 – НГК; 4 – продуктивные горизонты; 5 – линия разреза; 6 – линия фациального замещения

Рис. 3. Схема корреляции по линии скважин Мархино-Андоysкая 3231 – Иреляхская 15501
 1 – АК; 2 – ГК; 3 – НГК; 4 – продуктивные горизонты; 5 – зона предполагаемого отсутствия ботубинских песчаников; 6 – гранитоидный фундамент; 7 – линия акустического репера (АК)



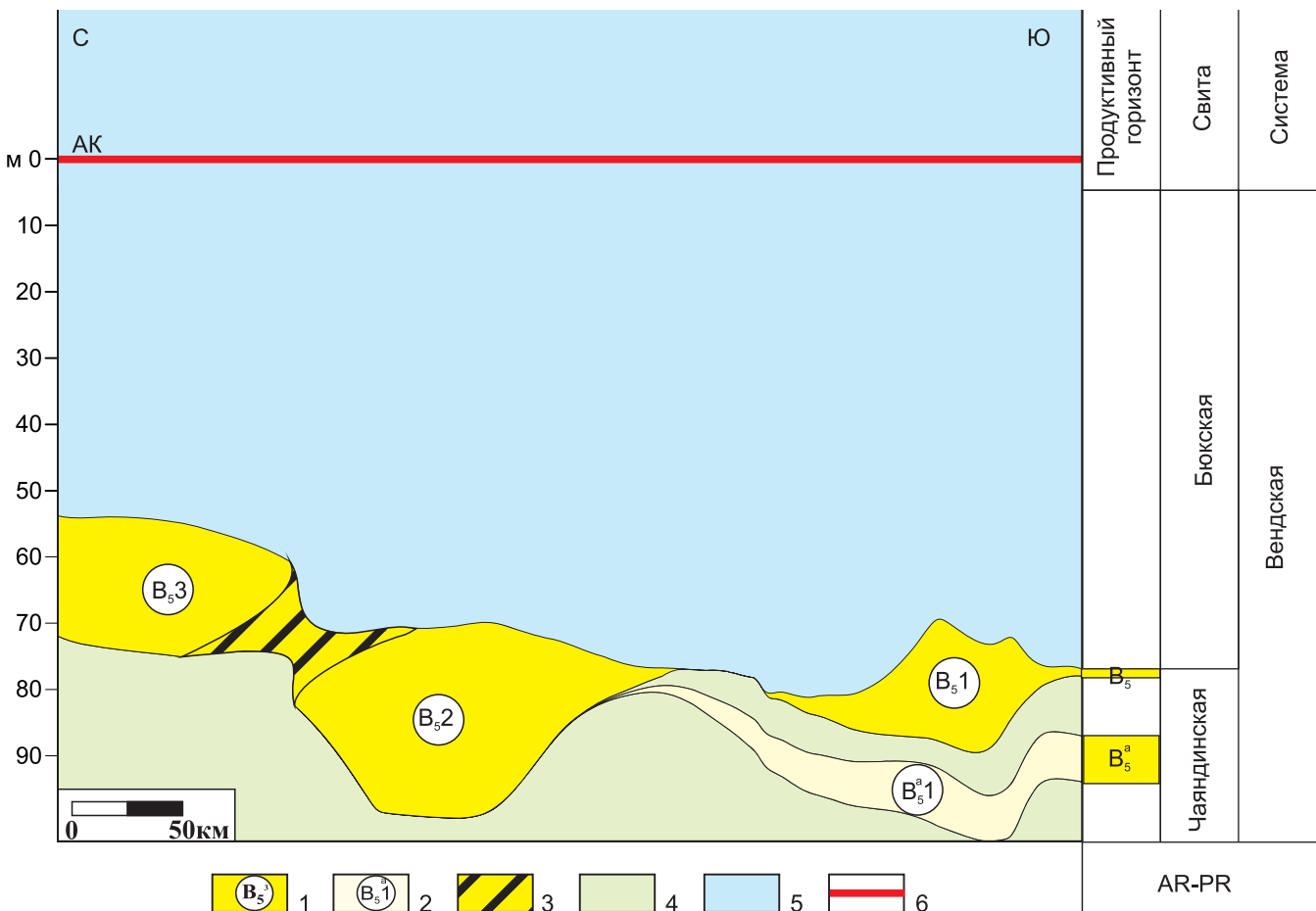


Рис. 4. Палеогеологический профиль по линии I–I

1 – ботубобинский горизонт; 2 – улаханский горизонт; 3 – предполагаемая зона отсутствия отложений ботубобинского горизонта; 4 – преимущественно сульфатно-карбонатные породы бюкской свиты; 5 – терригенные породы чаяндинской свиты; 6 – линия акустического репера

Современное понимание геологического строения вендского терригенного комплекса Тюкянской полувадины и прилегающих территорий, основанное на результатах современных сейсмических материалов, анализе фактического материала на площади исследования и на эталонной территории северо-востока Мирнинского выступа Непско-Ботубобинской антеклизы, позволяют утверждать, что на территории исследования ботубобинский продуктивный горизонт будет базовым объектом разведки.

На основании изучения ботубобинского горизонта можно также сделать заключение, что керном он охарактеризован недостаточно хорошо. Детальный анализ распределения коллекторских свойств песчаников горизонта приведен в работе [1]. Здесь на примере одной из скважин Среднеботубобинского месторождения со 100%-ным отбором керна было показано ухудшение коллекторских свойств в верхней и нижней частях горизонта соответственно за счет доломитизации и глинизации песчаников [1, 5]. Мы предполагаем, что аналогичное распределение цемента в песчаниках возможно и на рассматриваемой территории.

В работе [10] показано, что перерыв в осадконакоплении в подошве ботубобинского горизонта от-

сутствует. В этой же работе предложено выделить чаяндинскую свиту, в состав которой включается ботубобинский горизонт, а ниже с перерывом в осадконакоплении залегает арылахская свита, сложенная алеврито-аргиллитами с линзами ангидрита и прослоями доломитов глинистых.

Ранее мы показали, что ботубобинский горизонт на севере Мирнинского выступа не является монолитным телом, а представлен серией изолированных разновозрастных песчаных тел барового генезиса [11, 12, 13]. В качестве квазиизохронной поверхности выбран глинистый пласт в средней части бюкской подсвиты, характеризующийся повышенными значениями ΔТ и достаточно уверенно выделяющийся в разрезах большинства скважин [3, 7, 11] (рис. 2–4).

Как можно видеть, на востоке Центрально-Тунгусской НГО выделены три разновозрастных песчаных тела, каждому из которых присвоен свой индекс. В результате анализа толщин между «акустическим репером» и кровлей ботубобинского горизонта можно предположить, что в северном направлении данные постройки омолаживаются. Это, вероятно, связано с трансгрессией моря в раннетирское время.

Первое песчаное тело (B_5^1) выделяется в районе Мирнинской группы месторождений. Линзовидное

песчаное тело барового генезиса площадью 1615 км² вытянуто в виде широкой полосы северо-восточного простирания длиной 140 км. Максимальная толщина ботубинского горизонта в Багдынской скв. 2810 достигает 19 м. Песчаное тело B_5^1 охватывает месторождения Мирнинской, Иреляхской, Бахчинской, Станакской, Нелятской, Багдынской и Нелбинской площадей. Доказано отсутствие ботубинского горизонта в скважинах Ерюктинской 1, Среднеыгыаттинской 2630, Сюльдюкарских 1002, 1001 (рис. 5).

Второе песчаное тело (B_5^2) выделено в районе Дюданской площади. Между телами B_5^1 и B_5^2 , согласно интерпретации каротажных данных и анализа керна скважин Сюльдюкарской, Среднеыгыаттинской и Ерюктинских площадей, выявлено отсутствие песчаных отложений ботубинского горизонта. Песчаное тело B_5^2 площадью 3607 км² вытянуто в северо-восточном направлении на 200 км. Максимальной толщины (31 м) ботубинский горизонт достигает в Дюданской скв. 2910 (см. рис. 5).

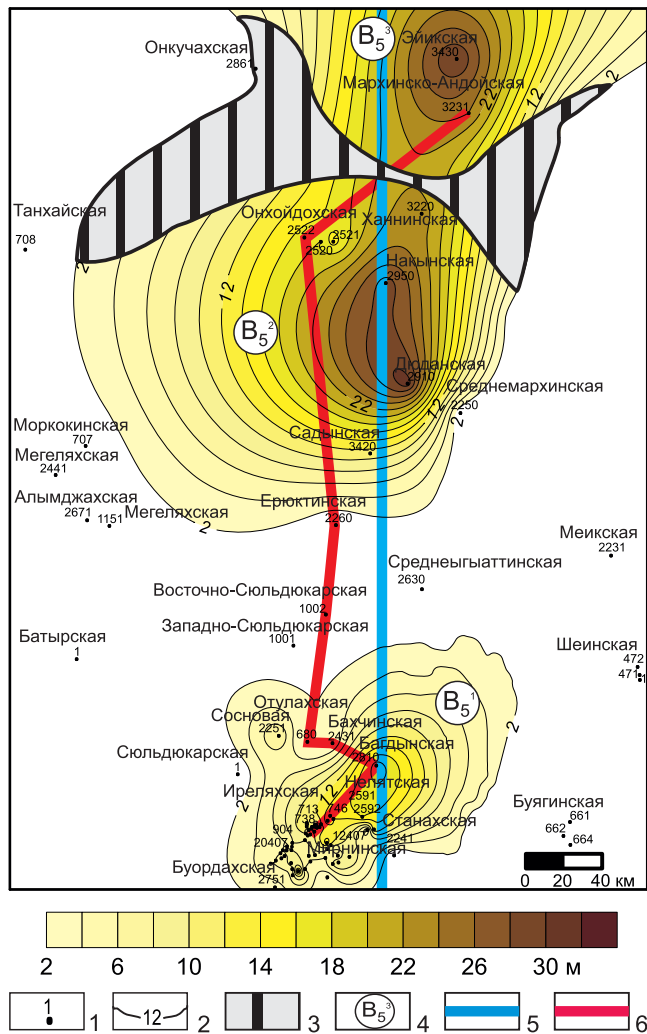


Рис. 5. Карта толщин песчаников ботубинского горизонта (B_5) [11]

1 – номера скважин; 2 – изопахиты песчаников ботубинского горизонта; 3 – зона предполагаемого отсутствия песчаников ботубинского горизонта; 4 – индекс песчаного тела; 5 – линия палеогеологического профиля I–I'; 6 – линия корреляционного профиля

Третье песчаное тело (B_5^3) определено в районе Эйикской площади. Максимальная его толщина, вскрытая в Эйикской скв. 3430, составляет 30 м, площадь – 1109 км². Принимая во внимание ранее установленные закономерности, когда между песчаными телами отмечаются участки отсутствия песчаников ботубинского горизонта, мы предположили, что между скважинами Ханнинской 3220 и Мархино-Андонойской 3231 песчаники ботубинского горизонта будут отсутствовать (см. рис. 5).

На территории исследования была выполнена количественная оценка ресурсов УВ ботубинского горизонта с использованием методов внутренних геологических аналогий [11].

Согласно методическому руководству [4] в качестве эталонного выбирается участок, хорошо изученный геофизическими методами и глубоким бурением, ресурсы которого, по экспертной оценке, не менее чем на 90 % переведены в запасы. Для интервальной оценки ресурсов в настоящей работе были использованы следующие значения плотно-

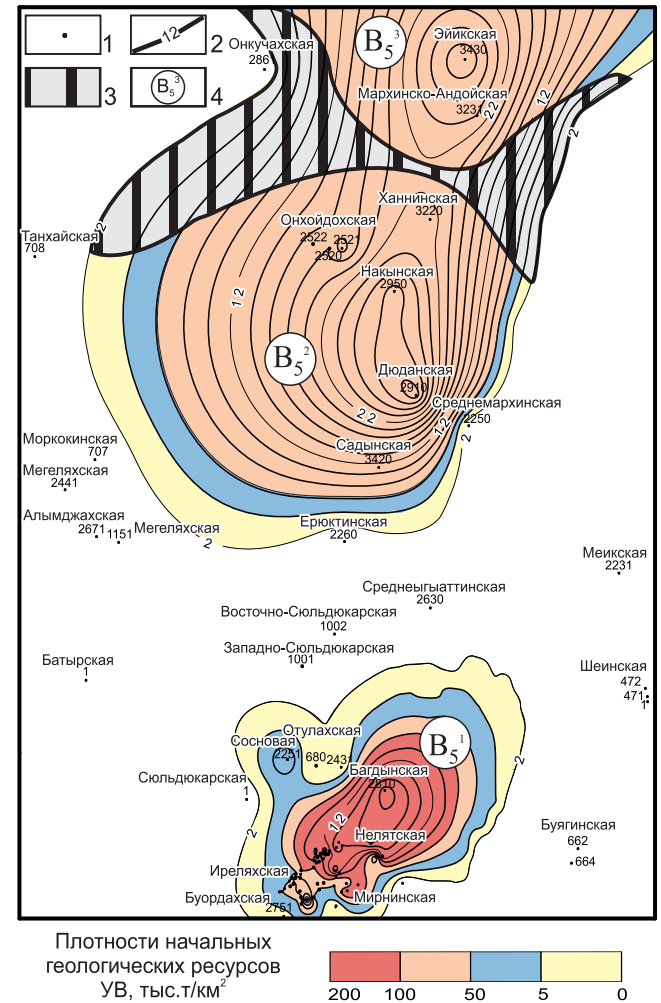


Рис. 6. Карта перспектив нефтегазоносности ботубинского горизонта на востоке Центрально-Тунгусской (Сюджержской) НГО

1 – номера скважин; 2 – изопахиты песчаников ботубинского горизонта; 3 – зона предполагаемого отсутствия песчаников ботубинского горизонта; 4 – индекс песчаного тела



Интервальная оценка начальных ресурсов углеводородов восточной части Центрально-Тунгусской (Сюгджерской) НГО

Песчаное тело	Геологические ресурсы								
	УУВ, тыс. т			нефти, тыс. т			газа, млн м ³		
	Мин.	Ср.	Макс.	Мин.	Ср.	Макс.	Мин.	Ср.	Макс.
V ₅ ¹	59780	90075	135030	36445	55945	83720	23335	34130	51310
V ₅ ²	124500	190660	258960	77190	118210	160560	47310	72450	98400
V ₅ ³	50250	74775	100725	31155	46360	62450	19095	28415	38275
ВСЕГО	233530	360510	494715	144790	223515	306730	88740	136995	187985

сти ресурсов углеводородов (тыс. т/км²): 0–5, 5–50, 50–100, >100.

Для оценки ресурсов в качестве эталонного объекта была выбрана Мирнинская группа месторождений (Маччобинское, Мирнинское, Станакское, Нелбинское и Иреляхское). Суммарные геологические запасы УУВ по категориям C₁+C₂ составили 79,5 млн т, из них 48,9 млн т нефти, 30,5 млрд м³ газа. Интервальная оценка начальных геологических ресурсов УУВ выглядит следующим образом: минимальные 60 млн т, средние 90 млн т, максимальные 135 млн т; геологические ресурсы нефти – 36 млн т, 56 млн т и 84 млн т соответственно, газа – 23 млрд м³, 34 млрд м³, 51 млрд м³ соответственно. Максимальная плотность ресурсов приходится на территорию с мощностями ботуобинского горизонта более 8 м (рис. 6).

Учитывая, что в скважинах, пробуренных на территориях распространения второго и третьего песчаных тел (расчетные участки V₅², V₅³), промышленных притоков нефти и газа не получено, экспертным путем был принят понижающий коэффициент 0,5 (см. рис. 6).

Результаты оценки приведены в таблице. Как видно, интервальная оценка начальных ресурсов углеводородов восточной части Центрально-Тунгусской (Сюгджерской) НГО изменяется от 233530 до 494715 тыс. т УВ при среднем значении в 360510 тыс. т УВ. Соотношение нефти и газа примерно одинаково, а максимальные объемы углеводородов приходятся на второе песчаное тело V₅².

Результаты исследований, представленные в настоящей работе, позволяют сделать вывод о том, что на востоке Центрально-Тунгусской (Сюгджерской) НГО выделяются три изолированные друг от друга системы песчаных тел в ботуобинском горизонте, которые могут рассматриваться как самостоятельные объекты поисково-разведочных работ.

Выполненная работа и оценка ресурсов позволяют достаточно высоко оценить перспективы нефтегазоносности этой территории и рекомендовать ее для включения в программу лицензирования недр Восточной Сибири.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

3. Лебедев М. В., Чернова Л. С. Фациальные модели терригенных отложений венда северо-востока Непско-Ботуобинской антеклизы (Сибирская платформа) // Геология и геофизика. – 1996. – Т. 37. – С. 51–64.

4. Методическое руководство по количественной и экономической оценке ресурсов нефти, газа и конденсата России / ред. К. А. Клещев и др. – М.: ВНИГНИ, 2000. – 189 с.

5. Моисеев С. А., Фомин А. М. Прогноз зон нефтегазоаккумуляции в зоне сочленения Непско-Ботуобинской и Сюгджерской седловины // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: матер. Всерос. науч.-практ. конф. (Якутск, 29–30 марта 2012 г.). Т. II. – Якутск, 2012. – С. 16–19.

6. Нефтегазогеологическое районирование Сибирской платформы (уточненная версия) / А. Э. Конторович, Л. М. Бурштейн, В. И. Вальчак и др. // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр. (г. Новосибирск, 17–21 апреля 2017): Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология»: сб. матер. в 4 т. – 2017. – Т. 2, № 1. – С. 57–64.

7. Нефтегазоносность ботуобинского горизонта в зоне сочленения Непско-Ботуобинской и Анабарской антеклиз / А. О. Ефимов, Л. С. Чернова, А. М. Фомин, М. В. Лебедев // Геология нефти и газа. – 1991. – Т. 45, № 8. – С. 2–6.

8. Пустыльников А. М., Чернова Л. С. Магнетитоносный горизонт – новый тип флюидоупоров в отложениях венда – нижнего кембрия Непско-Ботуобинской антеклизы // Геология нефти и газа. – 1991. – № 6. – С. 17–20.

9. Рифей и венд Сибирской платформы и ее складчатого обрамления / Н. В. Мельников, М. С. Якшин, Б. Б. Шишкин и др. – Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2005. – 428 с.

10. 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. – Т. 55, № 5–6. – С. 874–890.

11. **Тектоническая** карта венд-нижнепалеозойского структурного яруса Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции / А. Э. Которович, С. Ю. Беляев, А. А. Которович и др. // Геология и геофизика. – 2009. – Т. 50, № 8. – С. 851–862.

12. **Фомин А. М., Моисеев С. А.** Строение и условия формирования ботубобинского нефтегазоносного горизонта на северо-востоке Непско-Ботубобинской антеклизы // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2014. – № 2С. – С 60–65.

13. **Фомин А. М., Моисеев С. А., Павлов Н. Ч.** Особенности строения и условия формирования ботубобинского горизонта в пределах Мирнинского выступа // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2017. – № 8. – С 11.

14. **Фомин А. М., Моисеев С. А., Топешко В. А.** Характеристика нефтегазоносных комплексов и оценка нефтегазоносности Сягдзерской НГО // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2017. – № 1 (29). – С. 43–53.

REFERENCES

1. Varaksina I.V., Habarov E.M., Pushkareva M.M. [Influence of structural and material parameters on reservoir and pertaining properties of Vendian Botuoba horizon rocks, the north-eastern Nepa–Botuoba anticline]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri – Geology and mineral resources of Siberia*, 2012, no. 1(9), pp. 67–74. (In Russ.).

2. Kotorovich A.E., Surkov V.S., Trofimuk A.A., eds. *Geologiya nefti i gaza Sibirskoy platformy* [Geology of oil and gas of the Siberian platform]. Moscow, Nedra Publ., 1981. 552 p. (In Russ.).

3. Lebedev M.V., Chernova L.S. (Sibirskaya platforma) [Facies models of terrigenous Vendian deposits of the northeast of the Nepa–Botuoba anticline (Siberian Platform)]. *Geologiya i geofizika – Geology and Geophysics*, 1996, vol. 37, pp. 51–64. (In Russ.).

4. *Metodicheskoe rukovodstvo po kolichestvennoy i ekonomicheskoy otsenke resursov nefti, gaza i kondensata Rossii* [Methodological guidelines for quantitative and economic assessments of Russia's oil, gas and condensate resources]. K.A.Kleshchev ed. Moscow, VNIGNI Publ., 2000. 189 p. (In Russ.).

5. Moiseev S.A., Fomin A.M. [Forecast of oil and gas accumulation zones in the junction area of the Nepa-Botuoba and Syugdzher saddles] *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Severo-Vostoka Rossii: Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Yakutsk, 29–30 marta 2012 g.)* [Geology and Mineral Resources of the northeast of Russia: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference (Yakutsk, March 29–30, 2012)]. Yakutsk, 2012, vol. II, pp. 16–19. (In Russ.).

6. Kotorovich A.E., Burshtein L.M., et al. [Oil and gas geological zoning of the Siberian Platform (updated version)] *Interexpo GEO-Sibir'-2017. XIII Mezhdunar. nauch. kongr. (g. Novosibirsk, 17–21 aprelya 2017): Mezhdunar. nauch. konf. "Nedropol'zovanie. Gornoe delo. Napravleniya i tekhnologii poiska, razvedki i razrabotki mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh. Ekonomika. Geoekologiya": Sbornik materialov v 4 t.* [Interexpo GEO-Siberia-2017. XIII Intern. sci. congress. (Novosibirsk, April 17–21, 2017): Intern. sci. conf. "Mining: Mining: Directions and Technologies for Prospecting, Exploration and Development of Mineral Deposits. Economics: Geoecology": Collection of Materials in 4 volumes]. Novosibirsk, 2017, vol. 1, pp. 57–64. (In Russ.).

7. Efimov A.O., Chernova L.S., Fomin A.M., Lebedev M.V. [The oil and gas potential of the Botuoba horizon in the junction area of the Nepa–Botuoba and Anabar anticlines]. *Geologiya nefti i gaza – Oil and Gas Geology*, 1991, vol. 45, no. 8, pp. 2–6. (In Russ.).

8. Pustynnikov A.M., Chernova L.S. [A magnesite horizon is a new type of fluid seal in the Vendian–Lower Cambrian sediments of the Nepa-Botuoba anticline]. *Geologiya nefti i gaza – Oil and Gas Geology*, 1991, no. 6, pp. 17–20. (In Russ.).

9. Melnikov N.V., Yakshin M.S., Shishkin B.B., et al. *Rifey i vend Sibirskoy platformy i ee skladchatogo obramleniya* [Riphean and Vendian of the Siberian Platform and its folded frame]. Novosibirsk, GEO Publ., 2005. 428 p. (In Russ.).

10. Lebedev M.V., Moiseev S.A., Topeshko V.A., Fomin A.M. [Stratigraphy of Vendian terrigenous deposits in the northeast of the Nepa–Botuobiya Anticline]. *Russian Geology and Geophysics*, 2014, vol. 55, no. 5–6, pp. 691–703.

11. Kotorovich A.E., Belyaev S.Yu., Kotorovich A.A., et al. [Tectonic map of the Vendian–Lower Paleozoic structural stage of the Lena–Tunguska petroleum province, Siberian Platform]. *Russian Geology and Geophysics*, 2009, vol. 50, no. 8, pp. 657–667.

12. Fomin A.M., Moiseev S.A. [The structure and conditions for the formation of the Botuoba oil and gas bearing horizon in the north-east of the Nepa-Botuoba anticline]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri – Geology and mineral resources of Siberia*, 2014, no. 2С, pp. 60–65. (In Russ.).

13. Fomin A.M., Moiseev S.A., Pavlov N.Ch. [Features of the structure and conditions for the formation of the Botuoba horizon within the Mirninsky protrusion]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy – Geology, geophysics and Development of Oil and Gas Fields*, 2017, no. 8, pp. 411. (In Russ.).

14. Fomin A.M., Moiseev S.A., Topeshko V.A. [Description of petroleum plays and appraisal of petroleum content of the Syugdzher petroleum region]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri – Geology and mineral resources of Siberia*, 2017, no. 1 (29), pp. 43–53. (In Russ.).



НОВЫЕ ДАННЫЕ О ТРИАС-ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ, ВСКРЫТЫХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ГЫДАНСКОЙ СКВ. 130 НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В. В. Сапьяник¹, В. С. Бочкарев², С. А. Рыльков³, Т. Н. Торопова¹

¹Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия; ²НАО «СибНАЦ», Тюмень, Россия; ³Уралнедра, Екатеринбург, Россия

Параметрической Гыданской скв. 130 вскрыт разрез зимнего горизонта, нижняя часть которого наращивается преимущественно глинистой толщей геттанг-синемюрского возраста, в отличие от прибрежных песчано-алевритовых разрезов «стратотипической местности» зимней свиты. Впервые на севере Западной Сибири установлены морские отложения в основании юрского разреза по присутствию видов-индексов и характерных комплексов двух биостратонов по фораминиферам: Ф-слои с *Turritellella volubilis* и *Pseudonodosaria dea* (геттанг – синемюр) и Ф-зона *Trochammina zvetkovi* (геттанг). Кроме того, установлены бассейновые фации предположительно карнийского яруса по комплексу остракод, впервые найденных в разрезе триаса Западной Сибири.

Ключевые слова: стратиграфия, север Западной Сибири, фораминиферы, остракоды, нижняя юра, верхний триас.

NEW DATA ON THE TRIAS-JURASSIC DEPOSITS DRILLED BY GYDANSKAYA-130 PARAMETRIC WELL IN THE NORTH OF WEST SIBERIA

V. V. Sapyanik¹, V. S. Bochkarev², S. A. Rylkov³, T. N. Toropova¹

¹Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia; ²Scientific and Analytical Center, Tyumen, Russia; ³Uralnedra, Ekaterinburg, Russia

Gydanskaya-130 parametric well drilled in a section of a winter horizon, the lower part of which is built up mainly by a clayey unit of the Hettangian-Sinemurian age in contrast to adjacent sandy-silty sections of the “stratotypic terrain” of the winter formation. For the first time in the north of West Siberia marine sediments were determined at the basement of the Jurassic section due to the presence of index-species and typical complexes of two biostratons by foraminifers: F-layers with *Turritellella volubilis* and *Pseudonodosaria dea* (Hettangian-Sinemurian) and F-zone *Trochammina zvetkovi* (Hettangian). In addition, basin facies of the supposedly Carnian stage were determined in the ostracode complex first found in the Triassic section of West Siberia.

Keywords: stratigraphy, north of West Siberia, foraminifers, ostracodes, Lower Jurassic, Upper Triassic.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-3-35-42

Проблемы стратиграфии нижней юры на территории Западной Сибири имеют глобальный характер. Отсутствие здесь остатков ортостратиграфической фауны (аммонитов) и фрагментарность находок сопутствующих фоссилий затрудняет сопоставление Западно-Сибирской и Планетарной шкал. Поэтому в стратиграфии этих отложений традиционно используются горизонты, рассматриваемые как региональные хроностратиграфические подразделения, объединяющие по латерали одновозрастные породы различного литолого-фациального состава и отражающие естественные этапы геологической истории развития региона [14].

Стратотипы горизонтов, составляющих каркас стратиграфической схемы ниже-среднеюрских отложений Западной Сибири, установлены в разрезах Усть-Енисейского района, как наиболее охарактеризованные палеонтологическими остатками и четко отражающие эволюционный аспект развития Сибири в юрскую эпоху. Наименования горизонтов даны по названиям свит [7].

Одна из важнейших проблем заключена в понятийной базе положения нижней границы юрской системы Западной Сибири [1, 6], что связано

не только с различной трактовкой пространственно-временного положения тампейской серии, но и с отсутствием достаточно надежных возрастных датировок вышележащих отложений зимнего горизонта. Зимняя свита – «эталон» зимнего горизонта – на территории Западной Сибири практически не охарактеризована палеонтологическими остатками. Единственная датировка – это заключение В. Д. Короткевич о ее нижнеюрском возрасте [15]. Судя по приводимым стратиграфическим разбивкам [16], находки *Harpax laevigatus* Orb. относятся к разрезу левинской свиты (нижняя свита среднего лейаса (Ls_2^1) Малохетской площади). Следует отметить, что в настоящее время наиболее древние комплексы микрофауны (Ф-зона *Trochammina inusitata* – ранний плинсбах [17, 19, 20]) юрских отложений Западной Сибири установлены в разрезах левинской свиты, вскрытой скважинами на Новопортовской и Бованенковской площадях [2, 9, 20].

В данной ситуации единственная достаточно корректная датировка зимнего горизонта может быть заключена в его согласном стратиграфическом перекрывании левинским горизонтом. В настоящее время известно, что в существенно глинистой тол-

ще левинской свиты, имеющей значительные фациальные переходы, прослежен реперный уровень с многочисленными крупными аммодискусами [5], который сближен с границей нижнего и верхнего подъяруса плинсбахского яруса [21]. В разрезах Анабарской губы (по [8, с. 12]) этот уровень глинистой седиментации с многочисленными *Ammodiscus pseudoinfimus* Gerke et Sossip. установлен в VI пачке зимней свиты, там же в кровле этой пачки установлена граница фораминиферных зон (Ф-зон): раннеплинсбахской *Trochammina inusitata* и позднеплинсбахской *T. lapidosa*, а также смена ранне- и позднеплинсбахских слоев с двустворчатыми моллюсками (граница нижнего – верхнего плинсбаха). Реперный уровень с аммодискусами прослеживается в средней и верхней более глинистых частях левинской свиты Усть-Енисейского района и в верхней части левинской свиты Ямальского разреза; в последнем также установлена граница ниже- и верхнеплинсбахских Ф-зон в прикровельной части свиты. Аргиллиты с тремя прослоями конгломератов (толщиной 3–30 см) и прослоями песчаников (3–6 м) нижней и средней частей стратотипического разреза левинской свиты характеризуются присутствием позднеплинсбахских слоев с *Narax laevigatus*; здесь же приводятся комплексы микрофауны [16] с возрастным диапазоном в пределах плинсбахского яруса, а флористические остатки определяют возраст отложений в интервале нижнего отдела юрской системы. При этом в средней и более глинистой верхней частях свиты в Усть-Енисейском районе, а также на п-ове Ямал присутствуют *Ammodiscus pseudoinfimus* Gerke et Sossip. К тому же на п-ове Ямал в аргиллитах с рассеянной галькой и многочисленными *Ammodiscus pseudoinfimus* Gerke et Sossip. из верхней части левинской свиты обнаружено присутствие раннеплинсбахской Ф-зоны *Trochammina inusitata*, а вблизи кровли свиты установлена граница с позднеплинсбахской Ф-зоной *T. lapidosa* [20].

Таким образом, возрастное положение кровли зимнего горизонта на территории Западной Сибири может быть установлено внутри Ф-зоны *Trochammina inusitata* и не должно быть моложе нижнего подъяруса плинсбахского яруса. Датировка возраста кровли западносибирской зимней свиты на основе находок позднеплинсбахской фауны в разрезах Восточной Сибири дискуссионна, потому что литостратоны формировались в совершенно различных фациальных провинциях, при этом корреляция проводится опосредованно через глинистые толщи Енисей-Хатангского прогиба. Попытки сопоставления литостратонов, расположенных на столь удаленных расстояниях, приводят к неоднозначности понимания их возрастного положения, что отмечено в публикациях [2, 20] и отражено в принятой стратиграфической схеме. В ней показано возрастное скольжение «регионального хроностратиграфического подразделения» (левинского горизонта в его кровле) и нет определенности в по-

ложении возрастной границы левинского и зимнего горизонтов [14].

К настоящему времени в нижнеюрских отложениях Западной Сибири получены палеонтологические данные, которые существенно уточняют возрастное положение сейсмо- и литостратиграфических подразделений. Это позволяет более обоснованно рассматривать стратиграфию юрской системы северных территорий Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. К значимым уточнениям следует отнести пачки и толщи пород, в которых впервые для нижней юры были найдены аммониты, двустворки и фораминиферы тоарского яруса [12] в 80 км к западу от Игарки. Бурение на Тампейской площади скв. 6404 принесло новую информацию по низам юрской системы и верхам триасовой, сократив огромный перерыв в кровле триаса и низах нижней юры: была предложена студеная свита [11].

Новые данные, полученные в 2017 г. при обработке керна Гыданской параметрической скв. 130, впервые дали возможность установить присутствие морских фораминифер геттангского и остракод карнийского ярусов. Разрез параметрической скважины характеризует пограничные отложения триасовой и юрской систем обширной депрессионной зоны. Данная широтная депрессия соединяется с Енисей-Хатангским региональным прогибом на востоке и позволяет картировать наращивание стратиграфического разреза зимнего горизонта, который пока не установлен в разрезах скважин Ямальского полуострова и редуцирован в Усть-Енисейском районе. Там он несогласно залегает на тампейской серии триаса (рис. 1) и представлен преимущественно песчано-алевритовыми разностями пород.

В инт. 5115–5235 м разреза параметрической скв. 130 (рис. 2) зимняя свита представлена алеврито-песчаной толщей, которая по керну, изученному в инт. 5133,2–5163,1 м, имеет признаки мелководного облика в виде косой, волнистой слоистости и следов жизнедеятельности пескожилов, а в инт. 5159,5–5163,1 м наблюдаются пропластки черного углефицированного алевролита, но без видимых углистых включений.

Подстилающие отложения имеют совершенно иной генезис (морской) и наращивают преимущественно песчано-алевритовый разрез, вскрытый Семеновской скв. 1 (см. рис. 2). С глубины 5235 м наблюдается преобладание черных аргиллитов со стяжениями пирита и прослойками более светлых алевролитов. Слоистость субгоризонтальная, грубо-полосчатая. Плотность пород достигает 2,56–2,74 г/см³. В аргиллитах (инт. 5235,0–5249,0 м) установлено присутствие видов, характерных для слоев с фораминиферами: *Turritellella volubilis* и *Pseudonodosaria dea* (геттанг – синемюр) [13, 18]. В шлифах керна из инт. 5235,0–5249,0 м установлены продольные срезы раковин, принадлежащих к семейству *Nodosariidae* (*Rectoglandulina* sp. и *Pseudonodosaria* cf. *dea* Schl.), продольные срезы раковин

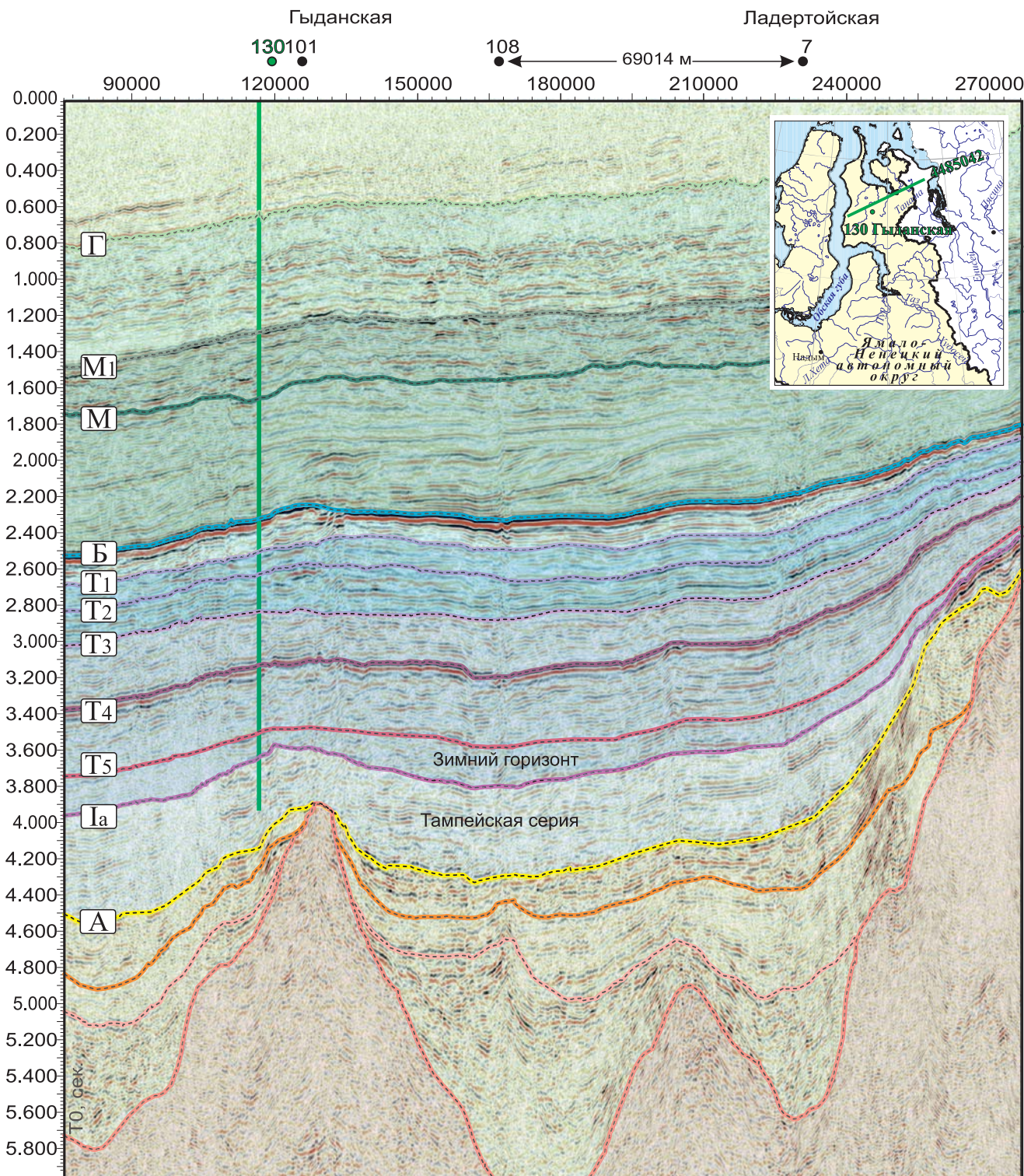


Рис. 1. Сейсмогеологический разрез по профилю 4485042

Hyperamminoides sp., *Ammobaculites* sp. и *Trochammina* sp., продольные и поперечные срезы раковин *Ammodiscus* cf. *asper* (Terquem), а также обломок ювенильной особи *Verneuilinoides* cf. *pudica* (Schl.).

Ниже по разрезу в инт. 5338,9–5352,9 м преобладают тонкослоистые темно-серые до черных аргиллиты и глинистые алевролиты. Плотность пород изменяется от 2,42 до 2,57 г/см³.

В следующем интервале (5352,9–5363,9 м) преобладают алевролиты глинистые и пачки песчаных

алевролитов с прослоями темно-серых и черных хорошо отмученных аргиллитов. Плотность пород 2,53–2,61 г/см³. Местами проявляется трещиноватость пород, подчеркнутая кальцитом. В этом интервале на глубине 5357,1 м в двух образцах керна установлены комплексы фораминифер геттангского яруса (нижний отдел юрской системы).

Первый комплекс фораминифер на глубине 5357,1 м разреза Гыданской скв. 130, характеризующий образец № 7593 (2), представлен видами

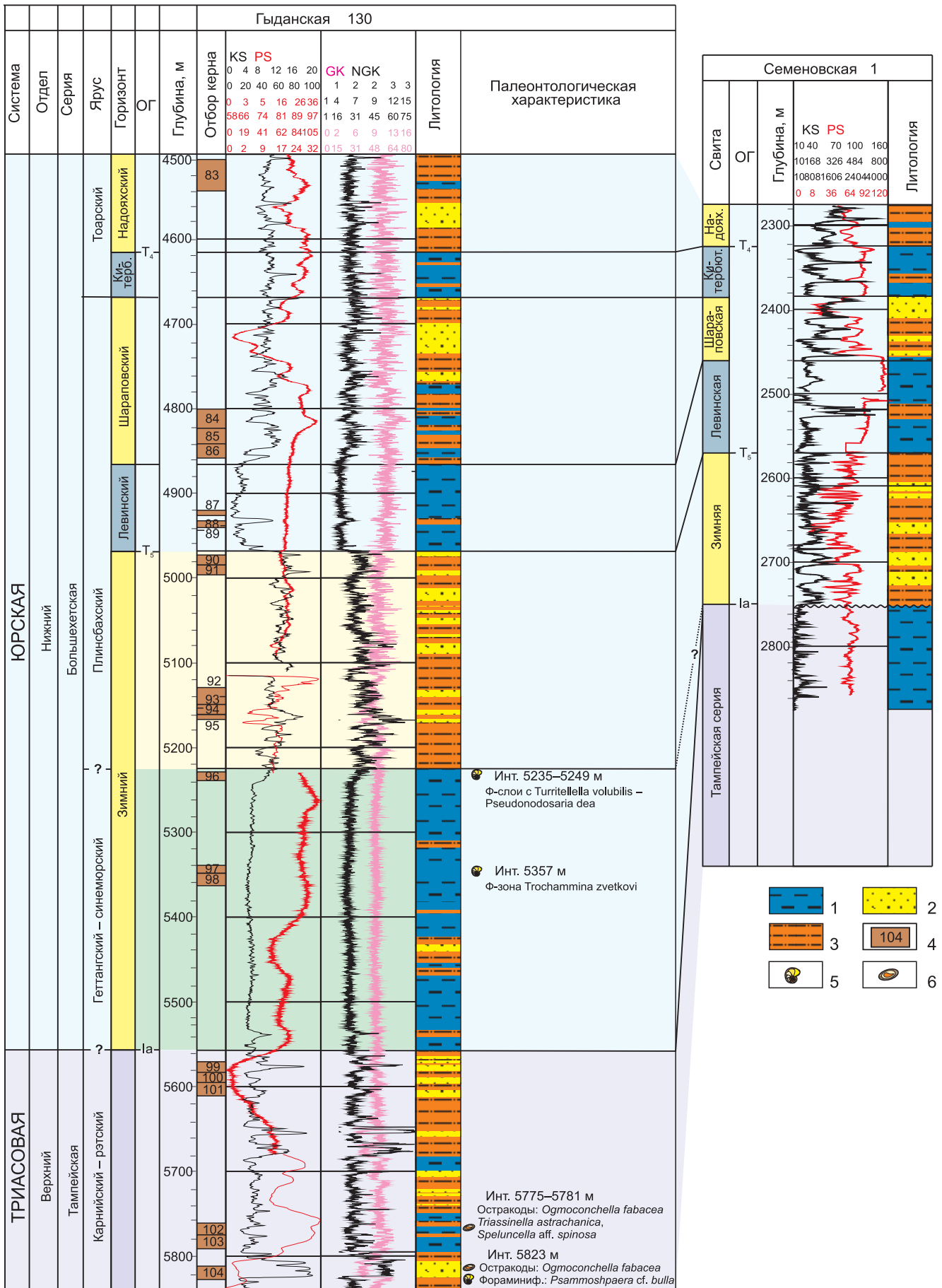


Рис. 2. Сопоставление геологического разреза триас-нижнеюрских отложений Гыданской и Семеновской площадей. Породы: 1 – преимущественно аргиллито-глинистые; 2 – преимущественно песчаные; 3 – преимущественно алевролитовые; 4 – отбор керна; 5 – фораминиферы; 6 – остракоды



Bulbobaculiutes strigosus (Gerke et Sossip.), *Trochammina zvetkovi* Sapjanik и *Lenticulina burensis* Sapjanik, типичными для Ф-зоны *Trochammina zvetkovi*, установленной В. В. Сапьяником [19] в основании кыринской свиты (бассейн р. Буур), где характерный комплекс Ф-зоны датируется совместными находками с видом-индексом аммонитовой зоны *Psiloceras planorbis* геттангского яруса.

Анализируя видовой состав комплекса, следует отметить, что в нем присутствуют виды, как свойственные более широкому временному интервалу нижней юры (*Bulbobaculiutes strigosus* (Gerke et Sossip.), геттанг – ранний плинсбах), так и занимающие более узкие временные интервалы: *Trochammina zvetkovi* Sapjanik распространен в разрезах геттангского яруса Сибири (в пределах Ф-зоны *Trochammina zvetkovi* на Восточном Таймыре, мыс Цветкова; на западном берегу Анабарской губы; левых притоках р. Буур; рр. Агабыта, Эбитием, Сюрбелях, Моторчуна; в скважинах Логатской 361, Чарчикской 1, Хоргочумской 281, Тюкян-Тюнгской 1, Северо-Линденской 2). Морфологически близкие виды встречаются в разрезах геттангского и синемюрского (?) ярусов Германии; возможно их присутствие в основании юрского разреза Арктической Аляски [19, 25]. Вид *Lenticulina burensis* Sapjanik распространен в разрезах геттангского – синемюрского (нижний подъярус) ярусов Сибири (на Восточном Таймыре, мыс Цветкова, обн. 1, сл. 4; западный берег Анабарской губы, обн. 5, сл. 23; левые притоки р. Буур, обн. 2, сл. 1, обн. 4, 5, сл. 4, 5; р. Эбитием, обн. 48, сл. 30; р. Сюрбелях, обн. 57, сл. 30; р. Моторчуна, обн. 2, сл. 5; в скважинах Логатской 361 (3196,0–3201,0 м), Балахнинской 1 (3100,0–3120,0 м), Чарчикской 1 (1001,0–1015,0 м), Говоровской 1 (1442,0–1455,0 м), встречается в разрезах геттанга Западной Европы [19, 23, 24, 26].

Второй комплекс фораминифер, установленный на глубине 5357,1 м разреза Гыданской скв. 130 П и характеризующий образец № 7593 (3), представлен единственным экземпляром *Ammodiscus* ex gr. *asper* (Terquem) – видом, широко распространенным в геттанг-раннеплинсбахских отложениях нижнеюрских разрезов Сибири [19].

Таким образом, Гыданская параметрическая скв. 130 вскрыла разрез зимнего горизонта, который наращивается 250–300-метровой преимущественно алевроито-глинистой толщей геттанг-синемюрского возраста, широко развитой на севере Западной Сибири (см. рис. 2).

Ниже по разрезу, предположительно с глубины 5564–5570 м, зимний горизонт сменяется тампейской серией. На глубине 5823 м обнаружена микрофауна, позволяющая предположить карнийский возраст вмещающих отложений. Здесь установлены раковины фораминифер *Psammospaera* cf. *bulla* Voronov, характерные для верхнетриасовых комплексов Нордвик-Хатангского района [4], а также остракоды *Ogmoconchella fabacea* Gerke et Lev.

По мнению О. М. Лев и А. А. Герке, последние являются индикаторами карнийского яруса в разрезе, вскрытом скважинами на п-ове Нордвик [10]. Позднетриасовый возраст подтверждается находками остракод *Triassinella astrachanica* Schi. и *Speluncella* aff. *spinosa* Schn., описанных А. Г. Шлейфер [22], из Баскунчанской серии верхнего триаса Прикаспийской впадины.

В районе бурения параметрической скв. 130 доля временного интервала от Ia до T₄ составляет 0,45 диапазона от Ia до Б, что в 2 раза больше тех разрезов, где зимняя свита плинсбаха залегает на размытых породах триаса. Зимняя свита в стратотипической местности (Семеновская скв. 1) также залегает на размытых породах (см. рис. 1), где ее мощность составляет 180 м. Там предполагается только плинсбахский возраст свиты и отсутствуют данные, доказывающие существование в разрезе отложений геттанг-синемюрского возраста [3, 11]. Таким образом, в разрезе Семеновской скв. 1 не только размыты верхи триаса, но и выпадают низы юрской системы.

Рассматривая пограничные триас-юрские разрезы на севере Западной Сибири, можно отметить, что расстояние от новой пробуренной Гыданской параметрической скв. 130 до ближайших скважин, вскрывших триасовые отложения (Ен-Яхинской СГ-7, Тюменской СГ-6, Семеновских 1, 2; Тампейских 1, 6404 и др.), более 500 км. При этом учесть возможные фациальные изменения разрезов очень трудно даже при интерпретации сейсморазведочных данных. Более того, большие перерывы и размывы, установленные по скважинам Усть-Енисейского и Надым-Пурского районов (Ярудейская скв. 38, вскрывшая под левинской толщей продуктивные песчаники, которые отсутствуют в Ярудейской скв. 2), свидетельствуют об условности корреляции. Так, зимняя свита по скважинам Зимней, Семеновской и Тампейской площадей имеет мощность от 119 до 212 м, а в Гыданской скв. 130 разрез по разбивкам В. С. Бочкарева составляет 260 м; наращивание разреза толщей существенно глинисто-алевритового состава в интервале глубин 5235–5564 м предполагает выделение нового литостратона в ранге подсвиты зимней свиты. При этом кровля триаса, вероятно, находится на глубине 5564–5570 м.

В статье представлены предварительные результаты биостратиграфических исследований разреза Гыданской скв. 130, подчеркивающие важность параметрического бурения в районах с достаточно высокой плотностью сейсморазведочных работ. Оперативный палеонтологический анализ керн, выполненный на завершающей стадии строительства этой скважины, позволил уточнить возрастные датировки ее разреза и определить стадию выполнения основной геологической задачи Гыданской скв. 130 – вскрытие верхнетриасовых отложений. В результате ее бурения установлено наличие от-



ложений геттанг-синемюрского возраста морского генезиса по присутствию в разрезе видов-индексов и характерных комплексов двух биостратонов по фораминиферам: Ф-слои с *Turritella volubilis* и *Pseudonodosaria dea* (геттанг – синемюр) и Ф-зона *Trochammina zvetkovi* (геттанг), а также определены бассейновые фации предположительно карнийского яруса по комплексу остракод, впервые найденных в разрезе триаса Западной Сибири. Приведенные в статье биостратиграфические данные позволяют более достоверно рассматривать стратиграфию и палеогеографию пограничных отложений триаса и юры на севере Западной Сибири.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бочкарев В. С.** Тампейская серия Западной Сибири // Триас Западной Сибири: материалы к стратиграфическому совещанию по мезозою Западно-Сибирской плиты. – Новосибирск, 2001. – С. 49–53.
2. **Брадучан Ю. В., Комиссаренко В. К., Шатова Л. А.** Нижняя и средняя юра п-ова Ямал // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии: Третье всероссийское совещание. Научные материалы. – Саратов: Наука, 2009. – С. 19–21.
3. **Геологическое** строение и нефтегазоносность нижней – средней юры Западно-Сибирской провинции / Ф. Г. Гурари, В. П. Девятов, В. И. Демин и др.; под ред. В. С. Суркова. – Новосибирск: Наука, 2005. – 156 с.
4. **Герке А. А.** Фораминиферы пермских, триасовых и лейасовых отложений нефтеносных районов севера Центральной Сибири. – Л.: Гостоптехиздат, 1961. – 579 с.
5. **Девятов В. П., Князев В. Г., Сапьяник В. В.** Реперные горизонты в нижней и средней юре Сибири // Региональная стратиграфия нефтегазоносных районов Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1988. – С. 53–60.
6. **Казаков А. М.** Границы основных стратиграфических подразделений триасовой системы Западной Сибири // Триас Западной Сибири: материалы к стратиграфическому совещанию по мезозою Западно-Сибирской плиты. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2001. – С. 6–15.
7. **Казаков А. М., Девятов В. П.** Стратиграфия нижней и средней юры севера Западной Сибири // Стратиграфия и палеонтология докембрия и фанерозоя Сибири. – Новосибирск, 1990. – С. 110–118.
8. **Князев В. Г., Девятов В. П., Шурыгин Б. Н.** Стратиграфия и палеогеография ранней юры востока Сибирской платформы. – Якутск: ЯНЦ СО АН СССР, 1991. – 100 с.
9. **Комиссаренко В. К.** Биостратиграфия ниже-среднеюрских отложений Ямала // Биостратиграфия мезозоя Сибири. – Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1987. – С. 5–12.
10. **Лев О. М., Герке А. А.** Позднетриасовые остракоды Нордвик-Хатангского района // Стратиграфия и палеонтология мезозойских осадочных бассейнов Севера СССР. – Л.: ПГО «Севморгеология», 1985. – С. 46–54.
11. **Новые** данные по триасовым отложениям северо-востока Западной Сибири / В. С. Бочкарев, Н. К. Могучева, О. Н. Костеша и др. // Горные ведомости. – 2014. – № 9 (124). – С. 6–22.
12. **Первая** находка нижеюрских аммонитов (*Dactyliosceras*) в Западной Сибири / В. П. Девятов, В. Г. Князев, Р. В. Кутыгин и др. // Докл. РАН. – 2006. – Т. 406, № 3. – С. 1–4.
13. **Практическое** руководство по микрофауне СССР. Т. 5. Фораминиферы мезозоя / ред. А. Я. Азбель и др. – Л.: Недра, 1991. – 375 с.
14. **Решение VI** Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири, Новосибирск, 2003: объяснительная записка / гл. ред. Ф. Г. Гурари. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2004. – 113 с.
15. **Расчленение** юрских и меловых отложений в разрезах скважин, пробуренных в Усть-Енисейской синеклизе в 1962–1967 гг. / Н. И. Байбородских, Е. Г. Бро, С. А. Гудкова и др. // Учен. зап. НИИГА. Сер. Региональная геология. – 1968. – Вып. 12. – С. 5–24.
16. **Сакс В. Н., Ронкина З. З.** Юрские и меловые отложения Усть-Енисейской впадины. – М.: Госгеоллиздат, 1957. – 229 с.
17. **Сапьяник В. В.** Палеоэкологическая концепция в геологических реконструкциях // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2017. – № 6с. – С. 163–179.
18. **Сапьяник В. В.** Раннеюрские комплексы фораминифер востока Сибирской платформы // Биостратиграфия мезозоя Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск: Наука, 1986. – С. 133–138. – (Тр. ИГиГ СО АН СССР; вып. 648).
19. **Сапьяник В. В.** Расчленение ниже-среднеюрских отложений Сибири по фораминиферам // Геология и нефтегазоносность триас-среднеюрских отложений Западной Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1991. – С. 63–79.
20. **Сапьяник В. В.** Эволюция бентосных эврибионтов как основа создания биостратиграфической шкалы ниже-среднеюрских отложений Западной Сибири // Стратиграфия и палеонтология Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2000. – С. 148–156.
21. **Стратиграфическое** положение и условия формирования маркирующих слоев с аммодискусами в юре и раннем мелу Сибири / С. П. Булыникова, В. П. Девятов, В. В. Сапьяник, В. К. Комиссаренко // Биофациальный анализ при палеогеографических реконструкциях. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1989. – С. 63–70.
22. **Шлейфер А. Г.** К стратиграфии триасовых отложений Прикаспийской впадины в связи с изучением остракод // НТС. Материалы по глубокому бурению. Вып. 18. – М.: Недра, 1972. – С. 173–193.



23. **Bartenstein H., Brand E.** Micropaleontologische Untersuchung zur Stratigraphie des nordwestdeutschen Lias und Doggers // Senckenberg. natur. Gesell. Abh. – 1937. – No. 439. – 224 S.

24. **Bornemann J.** Über die Liasformation in der Umgegend von Göttingen und ihre organischen Einschlüsse. – Berlin, 1854. – S. 26–45.

25. **Brouwer J.** Foraminiferal assemblages from the Lias of North-Western Europe. – Amsterdam; London, 1969. – 64 p.

26. **Franke A.** Die Foraminiferen des deutschen Lias // Ach. Preuss. Geol. Landesanst. – 1936. – No. 169. – 138 S.

REFERENCES

1. Bochkarev V.S. [The Tampeya series of West Siberia]. *Trias Zapadnoy Sibiri: Materialy k stratigraficheskomu soveshchaniyu po mezozoyu Zapadno-Sibirskoy plity* [Triassic of West Siberia: Materials for a stratigraphic meeting on Mesozoic of the West Siberian Plate]. Novosibirsk, 2001, pp. 49–53. (In Russ.).

2. Braduchan Yu.V., Komissarenko V.K., Shatova L.A. [Lower and Middle Jurassic of the Yamal Peninsula] *Yurskaya sistema Rossii: problemy stratigrafii i paleogeografii: Tre't'e Vserossiyskoe soveshchanie. Nauchnye materialy* [The Jurassic System of Russia: Problems of Stratigraphy and Paleogeography: The Third All-Russian Conference. Scientific materials]. Saratov, Nauka Publ., 2009, pp. 19–21. (In Russ.).

3. Gurari F.G., Devyatov V.P., Demin V.I., et al. *Geologicheskoe stroenie i neftegazonosnost' nizhney-sredney yury Zapadno-Sibirskoy provintsii* [Geological structure and oil and gas content of the Lower-Middle Jurassic of the West Siberian Province]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2005. 156 p. (In Russ.).

4. Gerke A.A. *Foraminifery permskikh, triasovykh i leyasovykh otlozheniy neftenosnykh rayonov severa tsentral'noy Sibiri* [Foraminifers of Permian, Triassic and Liassic deposits of oil-bearing regions of the north of central Siberia]. L., Gostoptekhizdat Publ., 1961. 579 p. (In Russ.).

5. Devyatov V. P., Knyazev V.G., Sapyanik V.V. [Reference horizons in the Lower and Middle Jurassic of Siberia]. *Regional'naya stratigrafiya neftegazonosnykh rayonov Sibiri* [Regional stratigraphy of oil and gas bearing areas of Siberia]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 1988, pp. 53–60. (In Russ.).

6. Kazakov A.M. [The boundaries of the main stratigraphic subdivisions of the Triassic system of West Siberia]. *Trias Zapadnoy Sibiri: Materialy k stratigraficheskomu soveshchaniyu po mezozoyu Zapadno-Sibirskoy plity* [Triassic of West Siberia: Materials for a stratigraphic meeting on Mesozoic of the West Siberian Plate]. Novosibirsk, SNIIGGiMC Publ., 2001, pp. 6–15. (In Russ.).

7. Kazakov A.M., Devyatov V.P. [Stratigraphy of the Lower and Middle Jurassic of the North of West Siberia]. *Stratigrafiya i paleontologiya dokembriya i fanerozooya Sibiri* [Stratigraphy and Paleontology of the

Precambrian and Phanerozoic of Siberia]. Novosibirsk, 1990, pp. 110–118. (In Russ.).

8. Knyazev V.G., Devyatov V.P., Shurygin B.N. *Stratigrafiya i paleogeografiya ranney yury vostoka Sibirskoy platformy* [Stratigraphy and Paleogeography of Early Jurassic of the east of the Siberian Platform]. Yakutsk, YaNTs SB SA USSR, 1991. 100 p. (In Russ.).

9. Komissarenko V.K. [Biostratigraphy of Lower-Middle Jurassic Deposits of Yamal]. *Biostratigrafiya mezozoya Sibiri* [Biostratigraphy of Mesozoic of Siberia]. Tyumen, ZapSibNIGNI Publ., 1987, pp. 5–12. (In Russ.).

10. Lev O. M., Gerke A.A. [Late triassic ostracodes of the Nordvik-Khatanga region]. *Stratigrafiya i paleontologiya mezozoyskikh osadochnykh basseynov Severa SSSR* [Stratigraphy and paleontology of the Mesozoic sedimentary basins of the North of the USSR]. Leningrad, Sevmorgeologiya Publ., 1985, pp. 46–54. (In Russ.).

11. Bochkarev V.S., Mogucheva N.K., Kostesha O.N., et al. [New data on the Triassic deposits of the northeast of West Siberia]. *Gornye vedomosti*, 2014, no. 9 (124), pp. 6–22. (In Russ.).

12. Devyatov V.P., Knyazev V.G., Kutygin R.V., et al. [First Find of Lower Jurassic Ammonites (Dactylioceras) in West Siberia]. *Doklady Earth Sciences*, 2006, vol. 406, no. 1, pp. 15–18. (In Russ.).

13. *Prakticheskoe rukovodstvo po mikrofaune SSSR. Foraminifery mezozoya* [Practical guidance on the microfauna of the USSR. Foraminifers of Mesozoic]. Leningrad, Nedra Publ., 1991. 373 p. (In Russ.).

14. Gurari F.G., ed. *Reshenie VI Mezhdvostvennogo stratigraficheskogo soveshchaniya po rassmotreniyu i prinyatiyu utochnennykh stratigraficheskikh skhem mezozoyskikh otlozheniy Zapadnoy Sibiri, Novosibirsk, 2003. Regional'nye stratigraficheskie skhemy triasovykh i yurskikh otlozheniy Zapadnoy Sibiri* [Decision of the VI Interdepartmental Stratigraphic Meeting on the Consideration and Adoption of Refined Stratigraphic Charts of the Mesozoic Deposits of West Siberia, Novosibirsk, 2003. Regional stratigraphic charts of the Triassic and Jurassic deposits of West Siberia]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2004. 113 p. (In Russ.).

15. Bayborodskikh N.I., Bro E.G., Gudkova S.A. [Separation of Jurassic and Cretaceous deposits in the sections of wells drilled in the Ust-Yenisei syncline in 1962–1967]. *Uchenye zapiski NIIGA. Ser. Regional'naya geologiya*. Novosibirsk, 1968, no. 12, pp. 5–24. (In Russ.).

16. Saks V.N., Ronkina Z.Z. *Yurskie i melovye otlozheniya Ust'-Eniseyskoy vpadiny* [Jurassic and Cretaceous deposits of the Ust-Yenisei Basin]. Moscow, Gosgeolizdat Publ., 1957. 229 p. (In Russ.).

17. Sapyanik V.V. [Paleoecosystem concept in geological reconstruction]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri – Geology and mineral resources of Siberia*, 2017, no. 6c, pp. 163–179 (In Russ.).

18. Sapyanik V.V. [The separation of the Lower-Middle Jurassic deposits of Siberia by foraminifera]. *Geologiya i neftegazonosnost' trias-sredneyurskikh*



otlozheniy Zapadnoy Sibiri [Geology and hydrocarbon content of the Triassic-Middle Jurassic deposits of West Siberia]. Novosibirsk, SNIIGiMS Publ., 1991, pp. 63–79. (In Russ.).

19. Sapyanik V.V. [Early Jurassic Foraminiferal Complexes of the East of the Siberian Platform]. *Biostratigrafiya mezozoya Sibiri i Dal'nego Vostoka* [Mesozoic biostratigraphy of Siberia and the Far East: Proc. of the Institute of Geology and Geophysics, Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1986, no. 648, pp. 133–138. (In Russ.).

20. Sapyanik V.V. [Evolution of benthic eurybionts as a basis for the creation of a biostratigraphic chart of the Lower-Middle Jurassic deposits of West Siberia]. *Stratigrafiya i paleontologiya Sibiri* [Stratigraphy and paleontology of Siberia]. Novosibirsk, SNIIGiMS Publ., 2000, pp. 148–156. (In Russ.).

21. Bulynnikova S.P., Devyatov V.P., Sapyanik V.V., Komissarenko V.K. [Stratigraphic position and conditions for the formation of marking layers with *ammodiscus* in Jurassic and Early Cretaceous of Siberia].

Biofatsial'nyy analiz pri paleogeograficheskikh rekonstruktsiyakh [Biofacies analysis in paleogeographic reconstructions]. Novosibirsk, SNIIGiMS Publ., 1989, pp. 63–70. (In Russ.).

22. Shleyfer A.G. [On the stratigraphy of Triassic deposits of the Caspian depression in connection with the study of ostracods]. *NTS. Materialy po glubokomu bureniyu* [NTS. Deep Drilling Materials]. Moscow, Nedra Publ., 1972, no. 18, pp. 173–193. (In Russ.).

23. Bartenstein H., Brand E. *Micropaleontologische Untersuchungen zur Stratigraphie des nordwestdeutschen Lias und Doggers. Senckenberg. natur. Gesell. Abh.*, 1937, no. 439. 224 S.

24. Bornemann J. *Über die Liasformation in der Umgegend von Göttingen und ihre organischen Einschlüsse*. Berlin, 1854. S. 26–45.

25. Brouwer J. *Foraminiferal assemblages from the Lias of North-Western Europe*. Amsterdam; London, 1969. 64 p.

26. Franke A. *Die Foraminiferen des deutschen Lias. Ach. Preuss. Geol. Landesanst.*, 1936. no. 169. 138 S.

© В. В. Сапьяник, В. С. Бочкарев,
С. А. Рыльков, Т. Н. Торопова, 2018



ТРЕХМЕРНЫЕ ПЛОТНОСТНАЯ И МАГНИТНАЯ МОДЕЛИ ПО ФРАГМЕНТУ ОПОРНОГО ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ 1-СБ

О. Г. Садур, Е. Ю. Гошко

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

В силу ряда причин опорный геолого-геофизический профиль 1-СБ (протяженность 800 км) расположен по линиям автомобильных дорог, из-за чего нарушается его линейность. По линии профиля с использованием комплексных геолого-геофизических данных построены две модели: геоплотностная и геомагнитная. Однако их графическое восприятие ввиду криволинейности профиля не позволяет получить правильное представление об истинных размерах и пространственном положении структурно-тектонических элементов земной коры. Для устранения этих недостатков в полосе профиля шириной 90 км нами получены геоплотностная и геомагнитная объемные модели на основе решения прямых и обратных задач одновременно (с учетом взаимного влияния полей как по профилям, так и между ними) по девяти прямолинейным расчетным профилям, включающим весь сейсмопрофиль. На этих моделях, в отличие от профильных, в несколько закругленной форме показаны истинные размеры и пространственное положение структурно-тектонических элементов земной коры.

Ключевые слова: опорный сейсмопрофиль 1-СБ, Центрально-Азиатский складчатый пояс, гравитационное и магнитное поля, рельеф, геоплотностная и геомагнитная модели.

THREE-DIMENSIONAL DENSITY AND MAGNETIC MODELS ON THE FRAGMENT OF THE BASE GEOLOGICAL-GEOPHYSICAL PROFILE 1-SB

O. G. Sadur, E. Yu. Goshko

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

For a number of reasons, the 1-SB base geological and geophysical profile is located along the lines of highways, with the result that the profile's linearity is violated. Two models, namely geo-density and geo-magnetic, were constructed along the 800 km long profile using complex geological and geophysical data. However, their graphic perception, in view of the curvilinear profile, does not allow one to obtain a correct idea of the true dimensions and spatial position of the structural-tectonic elements of the Earth's crust. In order to eliminate these drawbacks in the 90-km-wide profile, we have obtained geo-density and geo-magnetic volume models based on the solution of direct and inverse problems simultaneously (taking into account the influence of the fields both along profiles and between profiles) by nine rectilinear design profiles including the entire seismic profile. In these models, unlike the profile ones, the true dimensions and spatial position of the structural-tectonic elements of the Earth's crust are shown in a somewhat coarse form.

Keywords: base seismic profile 1-SB, Central-Asian folded belt, gravitational and magnetic fields, relief, geo-density and geo-magnetic models.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-3-43-53

Профиль 1-СБ (рис. 1, 2, а) располагается в пределах Центрально-Азиатского складчатого пояса, пересекая Монголо-Забайкальскую и Саяно-Байкальскую складчатые области [2, 4]. В структурно-тектоническом плане вся изучаемая площадь имеет ярко выраженную северо-восточную ориентировку, проявляющуюся удлинением в том же направлении массивами интрузивных пород, а также серией пересекающих всю площадь крупных субпараллельных тектонических нарушений (глубинных разломов). Подчеркивают северо-восточную ориентировку тектонического плана исследуемой площади и молодые (мезозойские) впадины, сопровождающие по всей длине линии глубинных разломов. Важно отметить, что южная половина профиля в пределах Монголо-Забайкальской складчатой области резко отличается от северной Саяно-Байкальской по интенсивности проявления молодой тектоники, которая фиксируется многочисленными нарушениями, определяющими мезозойские впадины и со-

ставляющими практически половину Монголо-Забайкальской области. Северная часть профиля в Саяно-Байкальской области имеет лишь единичные глубинные нарушения, а общая площадь развитых по ним мезозойских впадин почти на порядок меньше. Эти различия в интенсивности молодой тектоники северной и южной частей на этой площади имеют принципиальное значение, так как определяют интенсивность молодого рудоносного мезозойского магматизма и связанной с ним металлогении, более выраженной в южной части площади. Наиболее наглядно это видно на схематической геологической карте (с закругленными контурами возрастных образований) (см. рис. 2, б).

Геологическое строение площади определено господствующим развитием архей-протерозойского и, в меньшей степени, мезозойского магматизма.

Касаясь характеристики геологического строения площади, отраженной в потенциальных полях

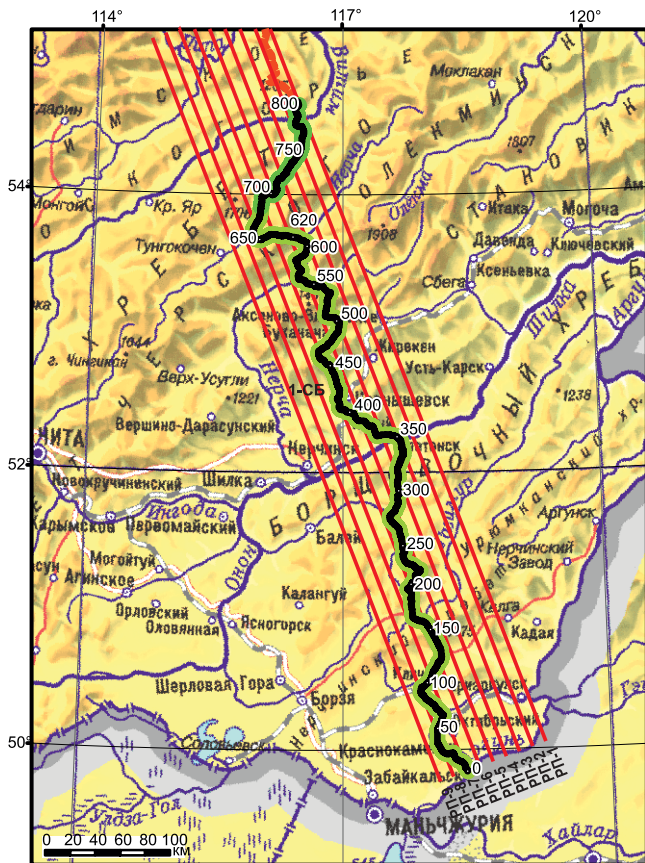


Рис. 1. Обзорная схема района работ

(рис. 3), следует отметить принципиальную разницу структуры полей ее южной и северной половин, разделенных Монголо-Охотским глубинным разломом. Монголо-Забайкальская складчатая область в сравнении Саяно-Байкальской характеризуется повышенными значениями напряженности в поле силы тяжести Δg (см. рис. 3, а) и менее дифференцированными и более низкими значениями в поле магнитных аномалий ΔT (см. рис. 3, б), что определяется, прежде всего, различным характером тектоники, магматизма и, как следствие, металлогении.

Моделирование выполнялось по авторской методике [3], которая базируется на формировании геомагнитной и/или геоплотностной модели по наблюдаемым значениям магнитного и/или гравитационного поля с учетом рельефа. Основным инструментом методики является авторская программа Geolab, с помощью которой конструируются цифровые модели полей плотности и/или намагниченности в трехмерном или двухмерном вариантах. Расчетная часть программы основана на решении двухмерных или трехмерных прямых и обратных задач грави- и магниторазведки; она объединяет формализованные процедуры подбора объектов (их формы, плотности и/или намагниченности) путем решения системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Содержательная часть задачи определяется полным использованием априорной геолого-геофизической информации и составлением исходной модели в нулевом приближении. Качество решения оценивается среднеквадратичной

невязкой наблюдаемого и модельного полей и вводом дополнительных ограничений в подбор самой модели: интервалы подбора возможных значений плотности (намагниченности) и глубин. В ходе решения обратных задач эти интервалы могут произвольно расширяться. Результат подбора определяется правильностью построения указанной модели, информативностью, достоверностью и точностью исходных материалов.

По линии профиля 1-СБ составлены плотностная и магнитная модели (рис. 4, б, в) с использованием комплексной геолого-геофизической модели (см. рис. 4, а). Последняя в силу вложенного в нее разного фактического материала наиболее полно повторяет конфигурацию результатов сейсмических преобразований.

Согласно комплексной геолого-геофизической модели выделяются следующие зоны земной коры: верхняя кора ВК, поверхность раннепротерозойского фундамента Ф, нижняя кора НК, поверхность переходного слоя кора – мантия ПКМ, поверхность верхней мантии (граница Мохо) М. На составленных нами плотностных моделях в пределах этих закрепленных границ рассчитаны плотностные и магнитные характеристики геологической среды разреза. Выделенные структурно-тектонические зоны несколько различаются между собой по плотности одних и тех же слоев земной коры, что отражается на положении в разрезе и конфигурации изолиний плотности и намагниченности. Повышенными характеристиками плотности и намагниченности в верхней части разреза и пониженными расчетными плотностями выделяется Пришилкинская зона смятия, отвечающая месту сочленения двух структур первого порядка: Монголо-Забайкальской и Саяно-Байкальской складчатых областей. Особенностью ее структурной позиции является положение над деструктивной зоной (зоной разуплотнения) верхне-мантийного слоя на интервале профиля 370–430 км. Представляется, что повышенная плотность связана с воздействием мантийных магматических флюидов в деструктивной области.

Опорный сейсмический профиль 1-СБ общей протяженностью 800 км не является прямолинейным. Как видно из рис. 1, 2, его положение в плане напоминает гармошку, а проекция на прямой отрезок составляет всего лишь 550 км. Поэтому составленная комплексная геолого-геофизическая модель по 800-километровому сейсмическому профилю 1-СБ не в полной мере отражает положение структурно-тектонических элементов земной коры на местности. Искажение структур определяется не только углом встречи профиля с осевыми линиями структур, но и их пространственным положением относительно линии профиля.

Для того чтобы ликвидировать эти недостатки, нами было выполнено трехмерное моделирование по девяти прямолинейным расчетным профилям, на площади которых располагается сейсмопрофиль

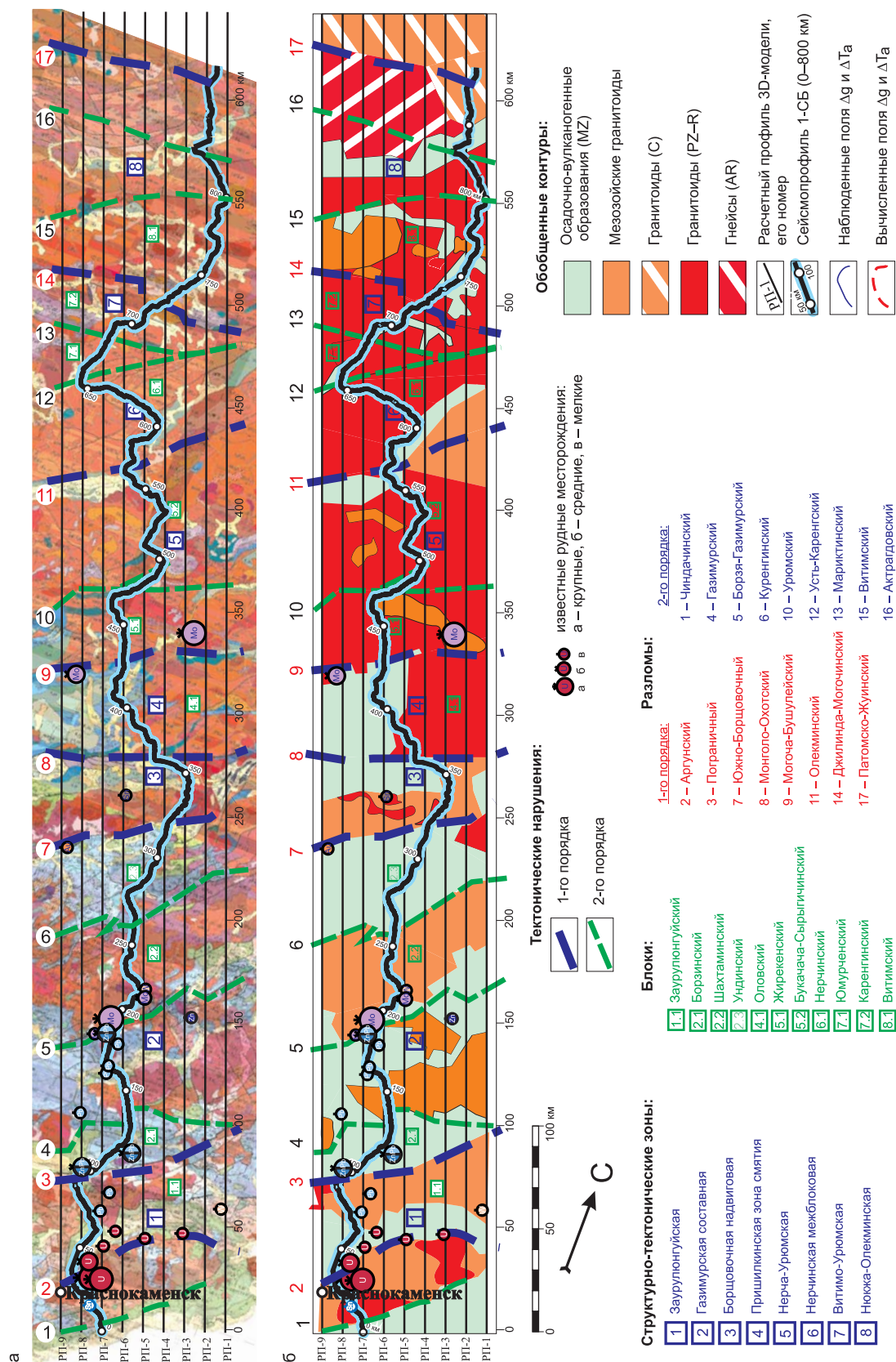


Рис. 2. Расположение опорного геолого-геофизического профиля 1-СБ, расчетных профилей трехмерной модели и структурно-тектонических блоков: а – на фрагменте геологической карты, б – на схематической геологической карте (с заглубленными контурами возрастными образованиями)

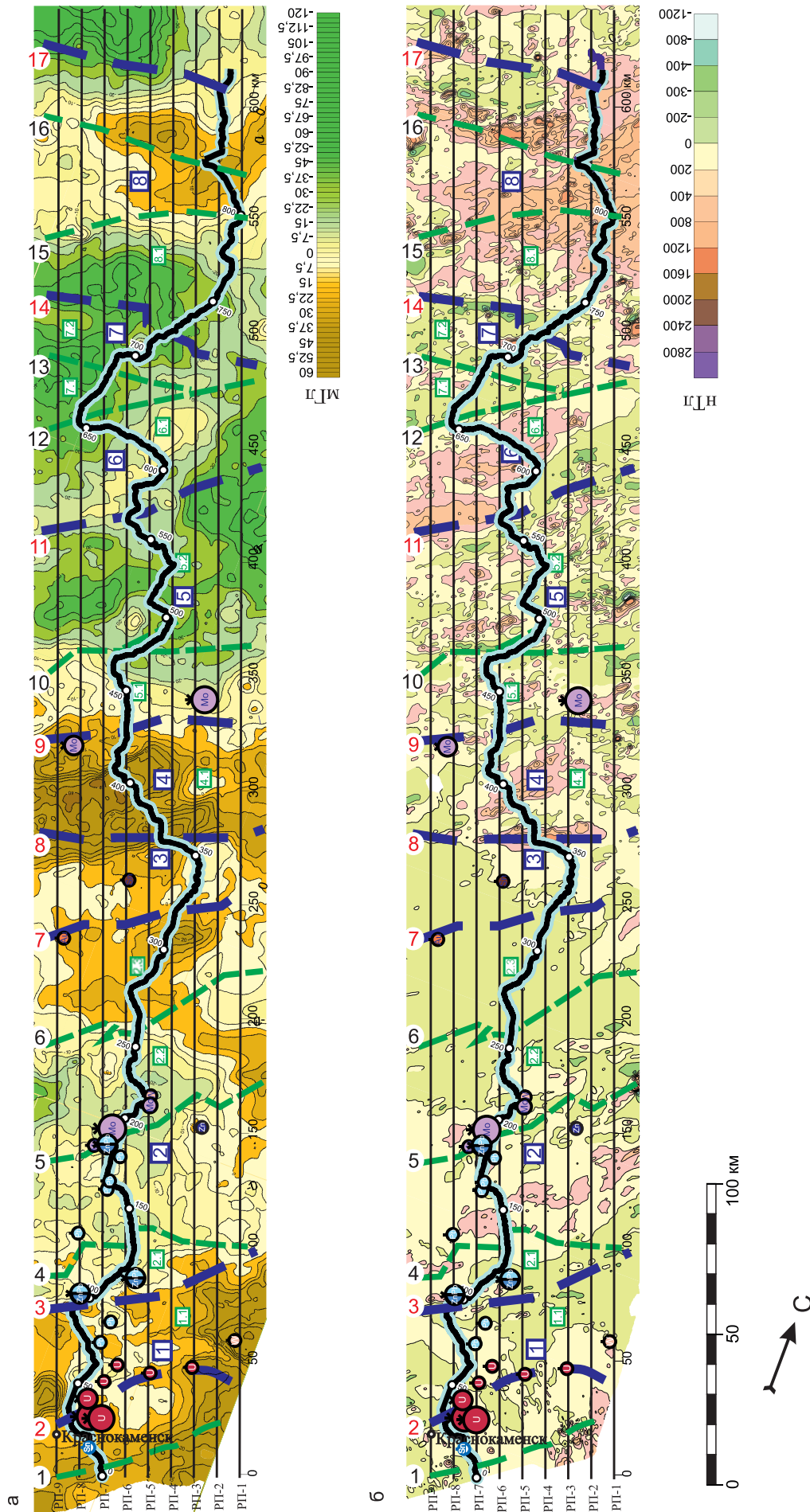


Рис. 3. Расположение опорного геолого-геофизического профиля 1-СБ, расчетных профилей трехмерной модели и структурно-тектонических блоков на картах: а – поля силы тяжести Δg , б – магнитных аномалий ΔT . Усл. обозн. см. на рис. 2

СЗ

ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКИЙ СКЛАДЧАТЫЙ ПОЯС

ЮВ

а МОНГОЛО-ЗАБАЙКАЛЬСКАЯ СКЛАДЧАТАЯ ОБЛАСТЬ

Аргунская складчатая система

Агинско-Борщовочная мобильная складчатая система

САЯНО-ЗАБАЙКАЛЬСКАЯ СКЛАДЧАТАЯ ОБЛАСТЬ

Западно-Становая складчатая система

Селенгино-Яблоновая складчатая система

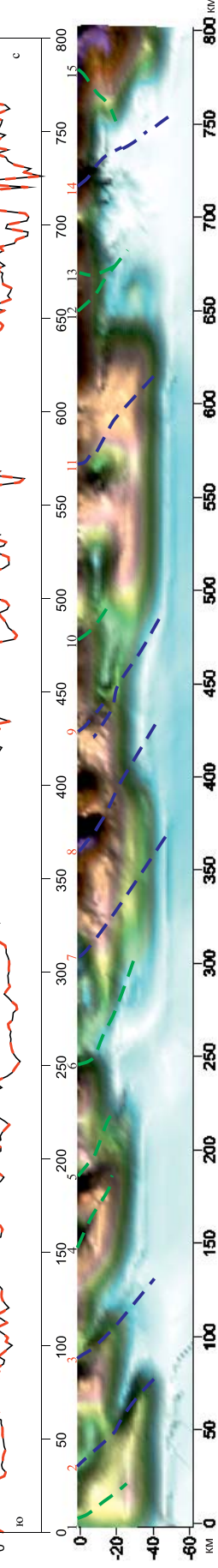
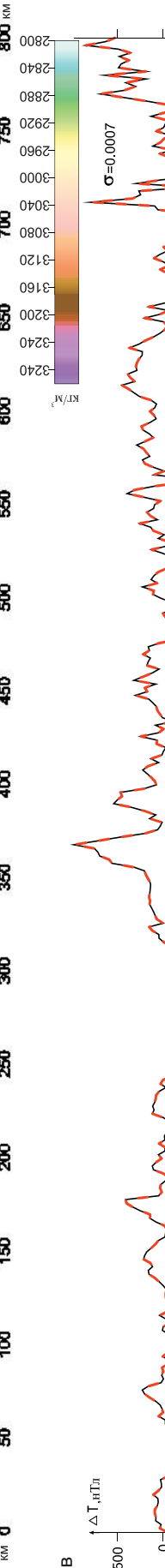
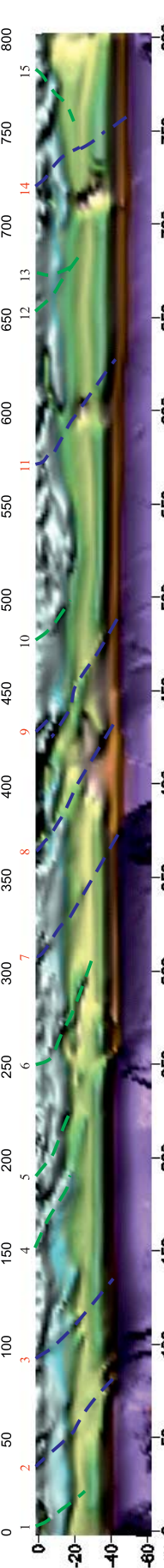
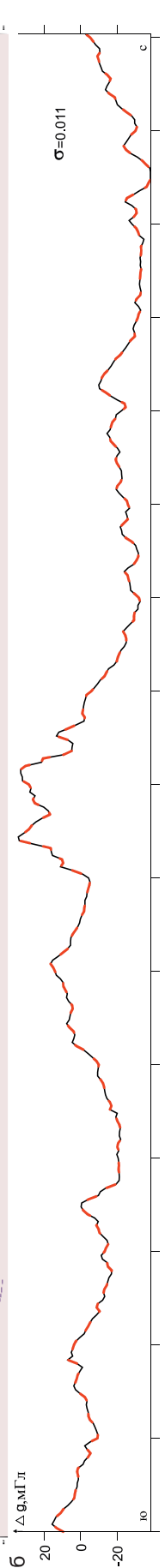
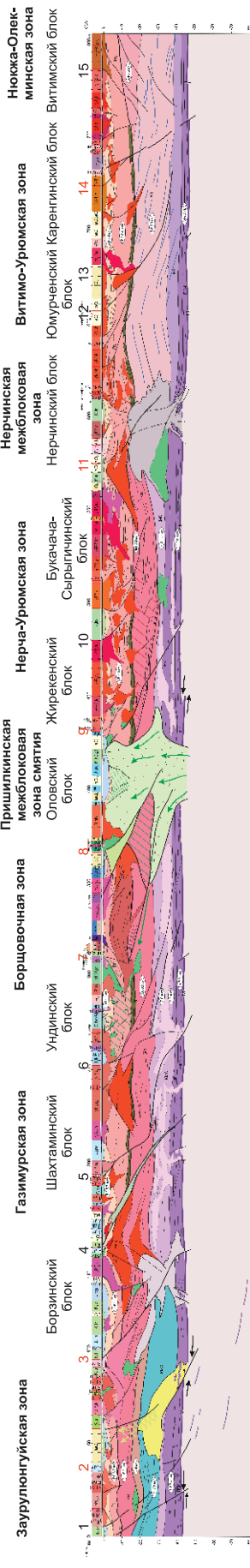


Рис. 4. Геолого-геофизические модели по линии сейсмического профиля 1-СБ: а – комплексная геолого-геофизическая по сейсмопрофилю 1-СБ (по Н. Д. Заможней, 2017), б – плотностная, в – магнитная

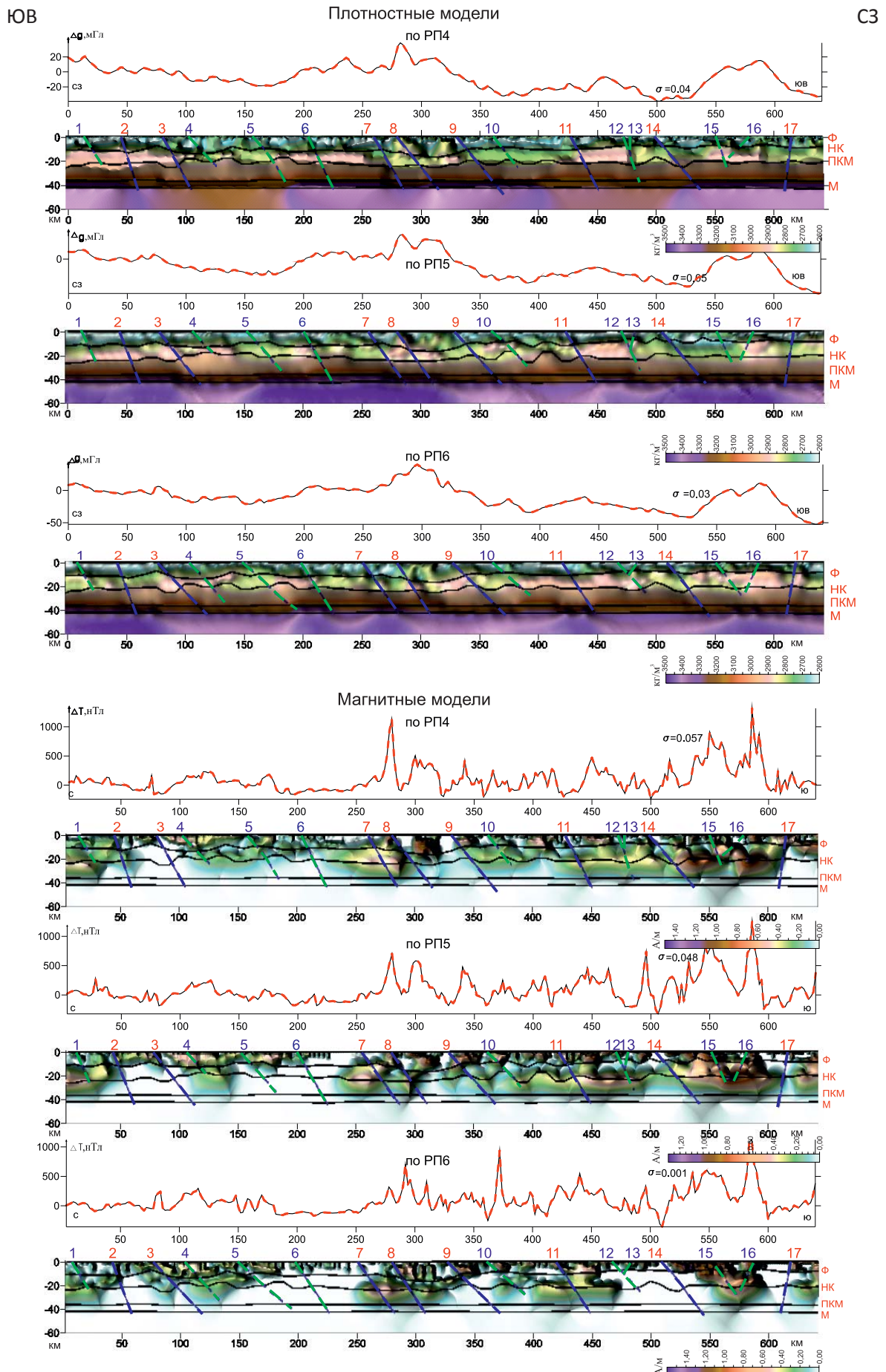


Рис. 5. Модели по расчетным профилям (трехмерное моделирование)

Усл. обозн. см. на рис. 2



1-СБ. Разумеется, моделирование с использованием потенциальных полей носит лишь вероятностный характер и не дает такой точности и детальности, как сейсморазведка, но тем не менее структуры, показанные на рис. 5, 6, более правдоподобны чем те, которые приведены на рис. 4.

В задачу объемного моделирования входило получение распределения расчетных полей плотности и намагниченности в пространстве, ограниченном положением расчетных профилей, а также прослеживание пространственного изменения геометрических параметров известных тектонических структур (зон, блоков).

Плотностные и магнитные модели были построены по девяти расчетным профилям с шагом 2×10 км, что соответствует м-бу 1:1 000 000 (три из них показаны на рис. 5), и по пяти границам раздела земной коры (рис. 6, 7), а пространственное изменение геометрических параметров известных тектонических структур определялось на базе использования вертикальных, горизонтальных и полных градиентов полей плотности и намагниченности.

Полученные модели характеризуют изменение плотностных и магнитных свойств геологической среды в плоскости разрезов по латерали и вертикали и, в соответствии с морфологическими особенностями полей плотности и намагниченности, позволяют расчленить земную кору на слои и блоки. По плотностным характеристикам выделяются ВК, Ф и НК, ПКМ и М. Магнитная модель, в отличие от плотностной, из-за высоких температур в нижней части земной коры теряет намагниченность вследствие чего в поле намагниченности, глубинные геологические структуры (свыше 25–30 км) не отражаются.

Пространственное изменение геометрических параметров основных структурно-тектонических элементов разреза (тектонических зон, блоков), границами которых в основном являются линии дизъюнктивных нарушений, определялось в два этапа: 1) поверхностная часть – на основе их переноса с геологической карты (с учетом их отражения в поле силы тяжести и аномальном магнитном поле) на поверхность рельефа, 2) глубинная часть – с использованием вертикальных, горизонтальных и полных градиентов полей плотности и намагниченности, первоначально по разрезам, а затем по погоризонтным планам, которые затем увязывались между собой в местах их пересечений. На этой основе выделено 17 тектонических нарушений. Разломы, дошедшие до мантии, определены нами как нарушения первого порядка (Аргунский, Пограничный, Южно-Борщовочный, Монголо-Охотский, Могоча-Бушулейский, Олекминский, Джилинда-Могочинский и Патомско-Жуинский). К разломам второго порядка относятся Чиндачинский, Газимурский, Борзя-Газимурский, Куренгинский, Урюмский, Усть-Каренгский, Мариктинский, Витимский и Актрагдовский.

Выделенный по сейсмическим данным [1] разрыв земной коры в районе ПК 300 км на плотностных и магнитных разрезах (см. рис. 5) отмечается в виде двух высокоплотностных и высокомагнитных субвертикальных конструкций, начинающихся от нижней коры и заканчиваются на поверхности. Нижняя часть мантийного тела на рис. 5 в явном виде не отображается из-за незначительного перепада значений плотностей (в пределах 100 кг/м^3) в слоях М и ПКМ, зато достаточно четко видна на погоризонтных планах и блок-диаграммах (см. рис. 6, 7). Плотностные и магнитные модели по границам раздела земной коры – это элементы конструкции трехмерной модели. Снизу вверх выделено пять границ раздела.

Мантия (см. рис. 6) в отличие от коры в плотностной модели характеризуется повышенной плотностью ($3270\text{--}3400 \text{ кг/м}^3$ и более) и наличием разнотипных блоков: три более (до 3400 кг/м^3) и два менее (до 3300 кг/м^3) плотных.

Рельеф поверхности Мохо колеблется в небольших пределах: от $-40,7$ до $-42,7$ км (см. рис. 6, 7). В центральной части площади, между Монголо-Охотским и Могоча-Бушулейским разломами наблюдается зона смятия в результате надвигания Саяно-Байкальской складчатой системы на Монголо-Забайкальскую. Результат этого надвига определяется отрицательной структурой рельефа глубиной около $0,6$ км с пониженной плотностью до 3320 кг/м^3 . С южной стороны структура ограничена дуговым валом (амплитудой около 1 км) с породами повышенной плотности (до 3400 кг/м^3). По сейсмическим данным она является магматическим очагом, внедрившимся в земную кору (см. рис. 4). По-видимому, имеющиеся мелкие кольцеобразные структуры с пониженной плотностью – это флюидонасыщенные породы, способствующие, благодаря «нижнему» давлению, проникновению и подъему магмы в верхние слои земной коры.

Переходная зона кора – мантия выделяется высокоградиентной полосой расчетных плотностей от 3100 до 3200 кг/м^3 и имеет более выдержанную амплитуду рельефа – от $36,05$ до $34,95$ км. В поле намагниченности она не выделяется. В центральной части площади, между Монголо-Охотским и Могоча-Бушулейским разломами, фиксируются отрицательная структура рельефа и локальные структуры пониженной плотности, возникшие, по-видимому, за счет горизонтального воздействия механических сил. Они образуют дугу вокруг холмообразной структуры с повышенной плотностью (3200 кг/м^3). С западной стороны эта отрицательная структура контролируется возвышенностью с повышенной плотностью (типа увала).

Нижняя кора представлена гранулит-базитовым слоем, мощность которого сравнительно выдержана по всей длине профиля и составляет $10\text{--}15$ км. Особенность его – плавное изменение расчетной плотности от 2950 до $3100\text{--}3150 \text{ кг/м}^3$.

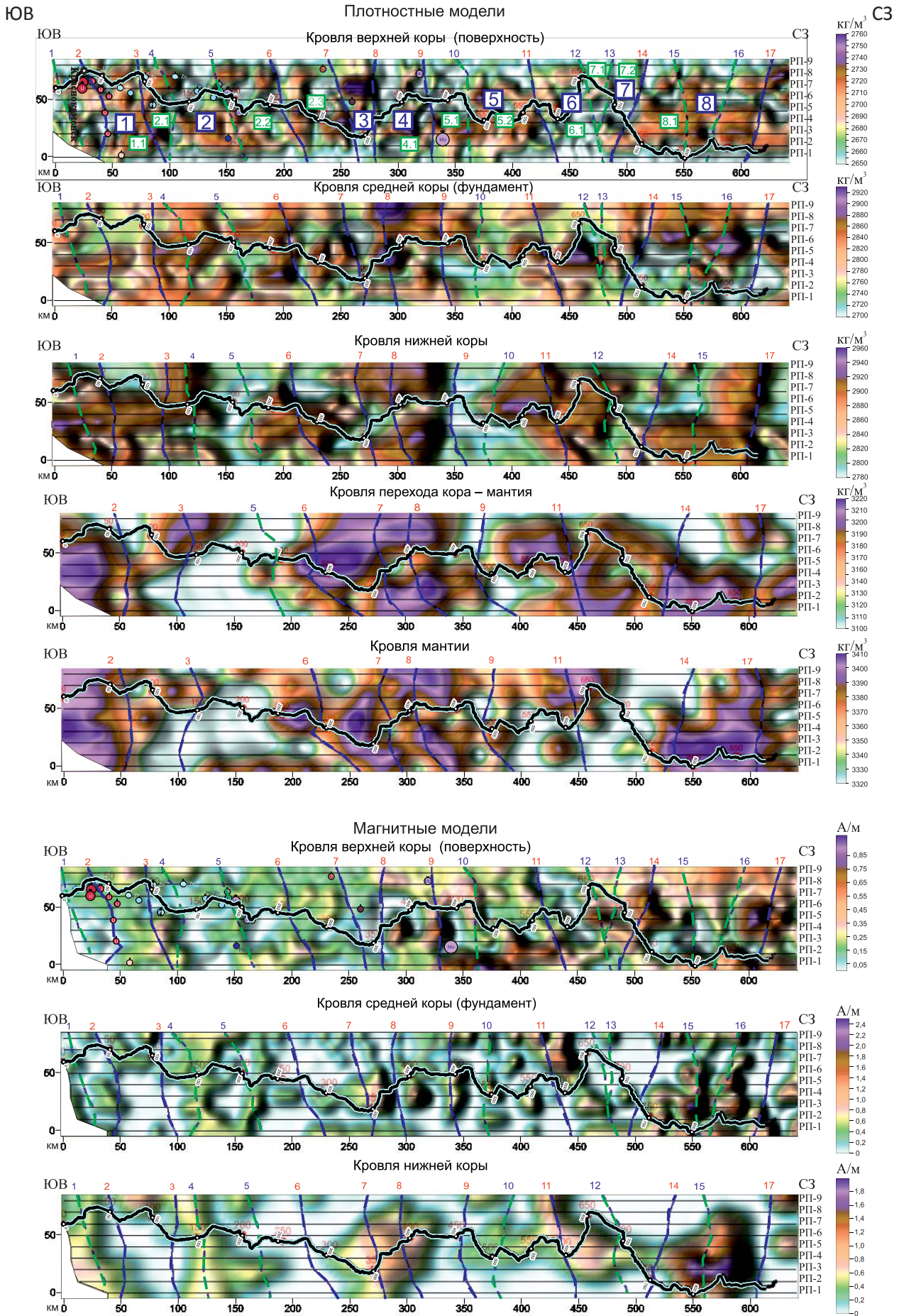


Рис. 6. Плотностные и магнитные модели по границам раздела земной коры
Усл. обозн. см. на рис. 2

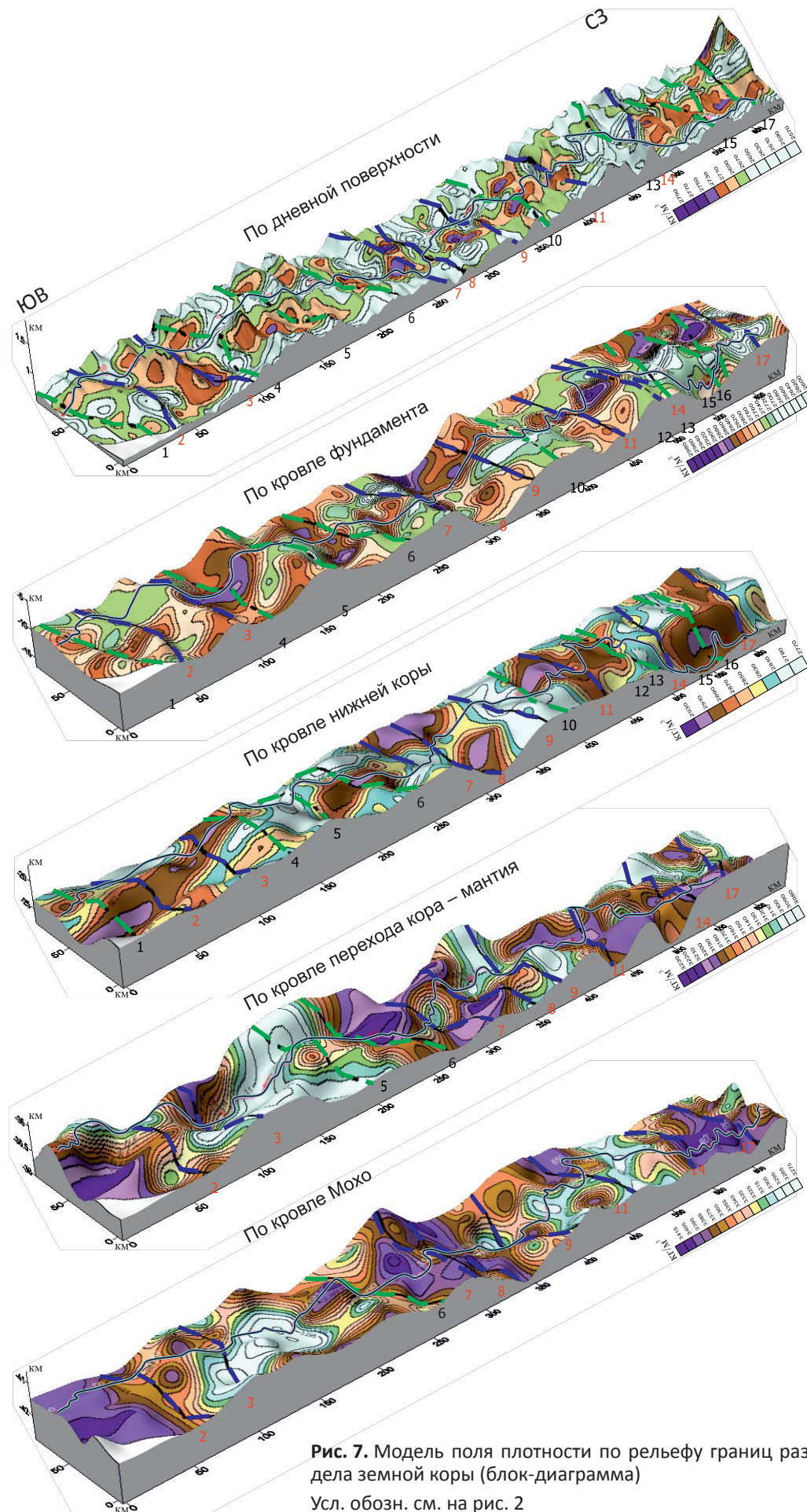


Рис. 7. Модель поля плотности по рельефу границ раздела земной коры (блок-диаграмма)
Усл. обозн. см. на рис. 2



Расчетная намагниченность, как и в средней коре, фрагментарно выражена в его верхней части. Магматический очаг, внедрившись в нижнюю кору, в процессе дифференциации начинает распадаться, образуя три высокоплотных (2910 кг/м^3) блока, а понижение в рельефе (ПК 300 км) заполнено высокоплотными породами.

Средняя кора представлена амфиболитовым комплексом с заметно повышенной (от 2750–2900 до 2950 кг/м^3) плотностью относительно вышележащего гранитогнейсового слоя. Как и для гранитогнейсового комплекса, для амфиболитового характерна пологая, субгоризонтальная структура с чередующимися валлообразными, типа стиральной доски (от –3 до –18,5 км) поднятиями и впадинами. Расчетная намагниченность в меньшей степени отражает структурно тектонические элементы, выделяются локальные аномальные участки напряженностью до 1,0 А/м. Структура обоих полей имеет преимущественно северо-восточную ориентировку осей аномалий.

Граница соприкосновения двух складчатых систем отмечается продольной впадиной (глубиной более 5 км) с направлением оси на северо-восток. С обеих сторон впадина окаймляется высокоамплитудными валами (3–4 км), более широкими (около 100 км) с северной стороны и более узкими (около 50 км) – с южной. Юго-западный склон впадины сложен высокоплотными породами (более 2900 кг/м^3).

Верхняя кора, включающая гранитогнейсовый слой и структурно-тектонические депрессии, заполненные вулканогенно-осадочными образованиями, характеризуется наиболее низкими значениями плотности ($2550\text{--}2720 \text{ кг/м}^3$) и намагниченности (0–0,5 А/м), только в Пришилкинской зоне смятия они выше (до 2925 кг/м^3 и до 1,0–1,15 А/м соответственно). Мощность верхней коры непостоянна – от 8 до 12 км, максимальна (13–18 км) она в Пришилкинской зоне смятия. Структура обоих полей меняется по границе Монголо-Охотского разлома, которая является и границей раздела Монголо-Забайкальской и Саяно-Байкальской складчатых областей. Границы тектонических зон и блоков, вынесенные с геологической карты на планы полей плотности и намагниченности, не противоречат структуре этих полей плотности и намагниченности.

Моделирование не дало прямых поисковых признаков выявления полезных ископаемых на изучаемой площади с использованием материалов съемок м-ба 1:200 000 и ранее разработанных критериев (наличие внедрения мантии в земную кору, приуроченность всех известных месторождений (см. рис. 2) к мезозойским гранитоидам, системам разломов). Однако следует отметить, что начиная от поверхности Мохо вплоть до кровли фундамента и от ПК 0 км до ПК 200 км на плотностной модели (см. рис. 6, 7) выделяется высокоплотная линейная структура северо-западного направления, секущая основное направление структур и вмеща-

ющая около 70 % всех известных на этой площади месторождений.

Таким образом, на основе трехмерного моделирования были выделены структурно-тектонические блоки первого и второго порядков. Показано изменение их пространственных параметров с глубиной в полях плотности и намагниченности. В отдельную структурную единицу нами выделен Заурюльгунгуйский «рудоносный» блок, с южной стороны которого расположены урановые месторождения, приуроченные к Аргунскому разлому, а с северной – полиметаллические месторождения, приуроченные к Пограничному разлому.

Закартирована линейная высокоплотностная секущая структура, формирующаяся от мантийного слоя и ограничивающая почти 70 % всех известных на исследуемой площади месторождений.

Показано глубинное строение зоны сочленения Монголо-Забайкальской и Саяно-Байкальской складчатых областей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Государственная** геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Лист М-50 – Борзя: объяснительная записка / Е. А. Шивохин, А. Ф. Озерский, Н. А. Артамонова и др. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2010. – 553 с.

2. **Государственная** геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Алдано-Забайкальская. Лист N-50 – Сретенск: объяснительная записка / С. А. Козлов, С. А. Новченко, Г. И. Богач и др. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2010. – 377 с.

3. **Гошко Е. Ю., Жабин В. В., Сальников А. С.** Строение земной коры в зоне сочленения Алдано-Станового щита и Саяно-Байкальской складчатой области вдоль линии опорного профиля 1-СБ // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: матер. VIII Всерос. науч.-практ. конф. В 2 т. Т. 2. – Якутск: Изд-во Ин-та мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН, 2008. – С. 52–55.

4. **Садур О. Г.** Моделирование геологических сред на основе вычисления их плотности и магнитных характеристик в классе сложного распределения масс при решении различных геологических задач // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2012. – № 1(9). – С. 96–101.

REFERENCES

1. Shivokhin E.A., Ozerskiy A.F., et al. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1: 1 000 000 (tret'e pokolenie). List M-50 – Borzya. Ob'yasnitel'naya zapiska* [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1: 1000 000 (third generation). Sheet M-50 – Borzya. Explanatory note]. Saint Petersburg, VSEGEI Publ., 2010. 553 p. + 6 incls. (In Russ.).

2. Kozlov S.A., Novchenko S.A., Bogach G.I., et al. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1: 1 000 000 (tret'e pokolenie).*



Seriya Aldano-Zabaykal'skaya. List N-50 – Sretensk. Ob'yasnitel'naya zapiska [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1: 1000 000 (third generation). Aldan-Transbaikal Series. Sheet N-50 – Sretensk. Explanatory note]. Saint Petersburg, VSEGEI Publ., 2010. 377 p. (In Russ.).

3. Goshko E. Yu., Zhabin V.V., Salnikov A.S. [The structure of the Earth's crust in the junction area of the Aldan-Stanovoi Shield and the Sayan-Baikal folded region along the base profile 1-SB] *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Severo-Vostoka Rossii: materialy VIII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy*

konferentsii, 18–20 aprelya 2018 g. v 2 t. [Geology and Mineral Resources of the Northeast of Russia: Proceedings of the VIII All-Russian Scientific and Practical Conference, April 18–20, 2018, in 2 volumes]. Yakutsk, Melnikov Permafrost Institute SB RAS Publ., 2008, vol. 2, pp. 52–55. (In Russ.).

4. Sadur O.G. [Modelling of geological environments based on calculation of their density and magnetization in class of complex mass distribution for various geological problems]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri – Geology and mineral resources of Siberia*, 2012, no. 1(9), pp. 96–101. (In Russ.).

© О. Г. Садур, Е. Ю. Гошко, 2018



УДК (551.791:551.311.234.3)+551.8(571.1-13)

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ВЕРХНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВОЙ ЛЕССОВО-ПОЧВЕННОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ КОЛЫВАНСКОГО УВАЛА ПРЕДАЛТАЙСКОЙ РАВНИНЫ

В. С. Зыкина, А. О. Вольвах, В. С. Зыкин, Н. Е. Вольвах

Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия

Приведен сравнительный анализ стратиграфической лессово-почвенной последовательности позднего и отчасти среднего плейстоцена разреза Петропавловское. Установлено соответствие структуры лессовой толщи предгорий Горного Алтая строению указанной последовательности юга Западной Сибири. Всесторонне охарактеризованы ископаемые почвы, объединенные в педокомплексы, которые свидетельствуют о преобладании с начала и в течение позднего плейстоцена лесостепного, степного и сухостепного суббореального почвообразования, а также отражают климатические условия их формирования и длительность теплых интервалов. Приведены результаты исследований морфоскопии и морфометрии песчаных кварцевых зерен, подтвердившие эоловый генезис формирования лессовых горизонтов в криоаридных условиях.

Ключевые слова: лессово-почвенная последовательность, Предалтайская равнина, Западная Сибирь, плейстоцен, ископаемые почвы, морфоскопия кварцевых зерен, палеогеография, стратиграфия.

STRUCTURAL FEATURES OF THE UPPER-PLEISTOCENE LOESS-SOIL SEQUENCE OF THE KOLYVAN KNAP IN THE PREDALTAI PLAIN

V. S. Zykina, A. O. Volvakh, V. S. Zykin, N. E. Volvakh

V.S.Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia

The article presents a comparative analysis of the stratigraphic loess-soil sequence (LSS) of the Late and partly Middle Pleistocene of the Petropavlovskoye section. The structure of the loessial strata of the submountain region of Gorny Altai is correlated with the LSS structure of the southern West Siberia. Fossil soils combined into pedocomplexes indicating the predominance of forest-steppe, steppe and dry-steppe subboreal soil formation, reflecting the climatic conditions of their formation and the duration of warm intervals from the beginning of and during Late Pleistocene have been thoroughly characterized. Results of morphometry and morphoscopy of sand quartz grains which have confirmed the eolian genesis of loess horizons formed in cryoarid conditions are presented.

Keywords: loess-soil sequence, Predaltai Plain, West Siberia, Pleistocene, fossil soils, morphoscopy of quartz grains, paleogeography, stratigraphy.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-3-54-64

Становление современной природной среды и климата является важнейшим событием в позднекайнозойской истории Земли. Наиболее полную информацию об изменениях природной среды и климата в недавнем геологическом прошлом содержит лессово-почвенная последовательность (ЛПП), которая полно отражает последовательность климатических изменений на континентах. Ископаемые почвы и лессы составляют основу расчленения лессовой толщи и, как природные системы, заслуживают тщательного изучения с целью познания их эволюционного развития, восстановления особенностей формирования природной среды и климата различных геохронологических срезов, расчленения и корреляции разрезов. Одним из регионов широкого распространения лессово-почвенной последовательности является Западная Сибирь. Стратиграфическое расчленение лессовой толщи наиболее полно разработано для юга Западно-Сибирской равнины [6, 16]. К настоящему времени начаты исследования по данным отложениям в предгорьях Горного Алтая. Это важная территория, на которой

можно установить последовательность ландшафтно-климатических циклов плейстоцена при переходе от Приобской увалистой равнины к Горному Алтаю (рис. 1).

Для установления надежной последовательности смен лессово-почвенных циклов в интервале верхнего и отчасти среднего плейстоцена в этом районе необходимо было выявить индивидуальные морфотипические признаки ископаемых почв и лессов, установить их пространственно-генетическую выдержанность. Это позволит охарактеризовать ландшафты прошлого, а установленные закономерности использовать как основу прогноза развития природной среды и климата в будущем. Здесь в ряде разрезов рр. Песчаная и Ануй, отражающих строение Ануйского и Колыванского увалов, в нижней части вскрываются субквальные отложения (озерные и аллювиальные), перекрытые субэральными породами лессово-почвенной формации позднего и частично среднего плейстоцена. С целью установления надежной климатостратиграфической последовательности отложений был изучен разрез

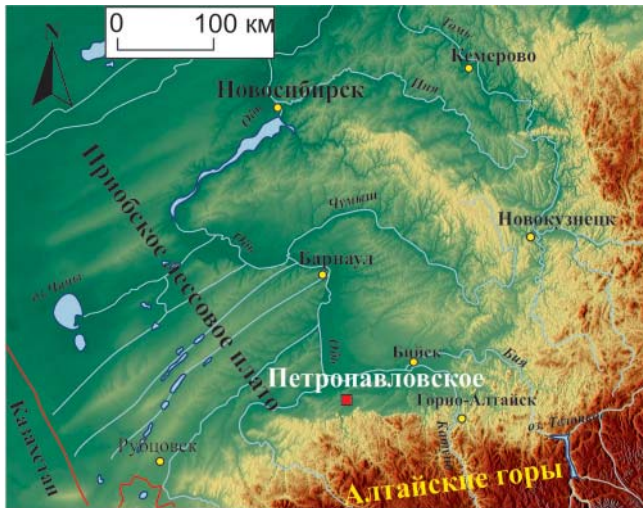


Рис. 1. Расположение разреза Петропавловское, юг Западной Сибири



Рис. 2. Левый берег р. Ануй, Колыванский увал

примерно в 25 км к северу от причленения поверхности увалистой предгорной равнины к резкому уступу (фасу) среднегорий Алтая, представленный береговым обрывом левого склона долины р. Ануй (рис. 2).

При индексации генетических горизонтов ископаемых почв мы следуем традиционной системе, принятой в настоящее время в России [3, 4]. Кроме того, в данной статье мы придерживаемся Международной стратиграфической шкалы (МСШ) четвертичной системы с нижней границей на уровне 2,588 млн лет и делением плейстоцена на нижний, средний и верхний [10]. Граница между нижним и средним плейстоценом проводится на уровне 0,78 млн лет.

Геологическое строение разреза в долине р. Ануй

Нами проведено детальное описание, стратиграфическое расчленение, палеопедологическое и литологическое изучение разреза. В статье будет рассмотрена субаэральная часть разреза.

В береговом обрыве юго-восточной стенки р. Ануй (см. рис. 2) высотой 24 м (северо-восточная окраина пос. Петропавловское, верхняя часть



Рис. 3. Строение Колыванского увала, разрез Петропавловское

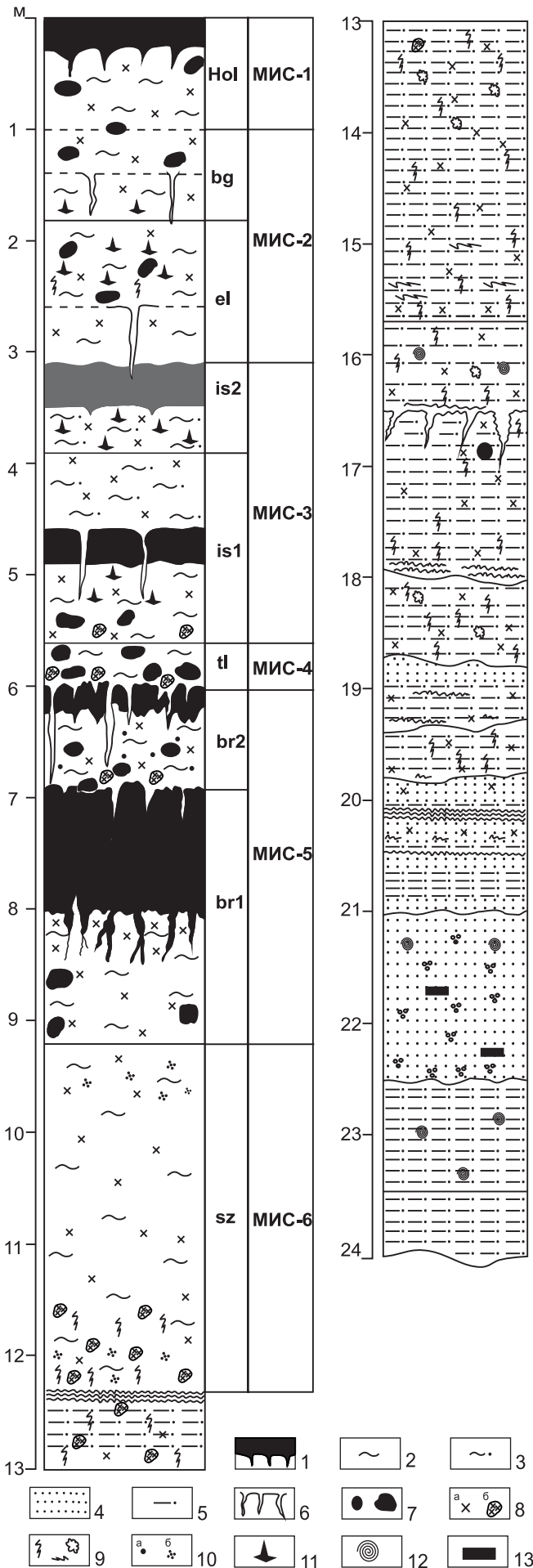
Колыванского увала с координатами N 52°05'069", E 084°08'030", абс. выс. 220 м) под современным черноземом сверху вниз вскрываются следующие слои верхнего плейстоцена (рис. 3, 4):

1. *Баганский лесс* (bg, 1,0–1,8 м) – суглинок лессовидный, серовато-светло-коричневый, слабо уплотненный, пористый, с многочисленными корнеходами и карбонатами в виде псевдомицелия, пропитки; с глубины 1,7 м отмечается гипс с размерами конкреций 1,5–2,0 см. Встречаются норы землероев диаметром 5–7 см. Переход в нижележащий слой заметный (по плотности). Мощность 0,8 м.

2. *Ельцовский лесс* (el, 1,8–3,1 м) – суглинок лессовидный, серовато-коричневый, опесчаненный, уплотненный, пористый, с корнеходами, на глубине 2,1–2,4 м встречаются псевдомицелий, белоглазка и гипсовые конкреции размером от 0,5 до 2,0 см, сконцентрированные в виде окружностей и полос; много нор землероев диаметром 5–10 см. Переход в нижележащий слой слабо заметный (по цвету). Мощность 1,3 м.

3. *Искитимский педокомплекс* (is₁–is₂, 3,1–5,6 м) мощностью 2,5 м – две ископаемые почвы, разделенные слоем лессовидного суглинка мощностью 0,7 м.

Профиль верхней почвы состоит из горизонтов A1ca, cs и Bca, cs. Гумусовый (A1ca, cs) горизонт мощностью 0,3 м – суглинок коричневатый-серый, опесчаненный, пористый, ореховато-порошистой структуры, с корнеходами, имеющими стенки бурого цвета, карбонатами в виде псевдомицелия, гипсовыми конкрециями размером 0,5–1,5 см, рассеянно расположенными в горизонте. Встречаются глеевые пятнышки размером 1,5–2,0 см. Верхняя граница слабо выделяется по цвету, нижняя более отчетливая по цвету с редкими мелкими гумусированными затеками. Горизонт (Bca, cs) мощностью 0,5 м – суглинок серовато-коричневый, опесчаненный, комковато-ореховатой структуры, более плотный, менее пористый, много гипсовых конкреций размером до 1,5 см и белоглазки, присутствуют редкие мелкие глеевые



пятнышки. Переход слабо заметный (по цвету). Лессовидный суглинок мощностью 0,7 м, залегающий между почвами, светло-коричневого цвета, опесчаненный, уплотненный, пористый, с корнеходами, мицелярными (псевдомицелий) и единичными сегрегационными (белоглазка) формами карбонатов, редкими мелкими охристыми пятнышками. Переход слабо заметный (по цвету).

Профиль нижней почвы включает горизонты А1са, сs и Вса, сs.

Гумусовый (А1са, сs) горизонт мощностью 0,3 м – суглинок коричневатого-серый со слабым зеленоватым оттенком, опесчаненный, уплотненный, пористый, зернисто-ореховатой структуры, с корнеходами, инкрустированными гумусом-марганцевыми пленками, присутствуют белоглазка и гипсовые конкреции размером до 1,5 см. Верхняя граница отчетливая, разбита трещинами шириной 3 см и глубиной до 0,6 м. Нижняя постепенная, прослеживается по цвету. Горизонт Вса, сs мощностью 0,7 м – суглинок светло-коричневый со слабым зеленоватым оттенком, появляющимся к основанию горизонта, опесчаненный, более плотный, менее пористый, корнеходы с черным гумусом-марганцевым обрамлением, отмечены белоглазка и гипсовые конкреции размером до 3 см. Переход заметный по цвету.

4. Тулинский лесс (tl, 5,6–6,0 м) – суглинок лессовидный, желтовато-коричневый, слабо пористый, плотный, с корнеходами, окрашенными в черный цвет, с округлыми карбонатными конкрециями в основании. Встречается много нор землероев диаметром от 7 до 15 см. Нижняя граница резкая, неровная. Мощность неравномерная – от 0,4 до 1,0 м.

5. Бердский педокомплекс (br₁–br₂, 6,0–9,3 м) – две ископаемые почвы, разделенные слоем лессовидного суглинка мощностью 0,7 м, который является горизонтом ВСа верхней почвы.

Верхняя почва образована горизонтами АУса и ВСа. Гумусовый (АУса) горизонт мощностью 0,2 м сложен темно-серым суглинком, плотным, слабо пористым, с карбонатным псевдомицелием, мелкими марганцевыми конкрециями, разбитым трещинами шириной до 5 см и глубиной от 0,2 до 0,6 м, часто секущими оставшуюся часть горизонта. Верхняя граница горизонта резкая, неровная, разбита трещинами, нижняя имеет гуму-

Рис. 4. Геологическое строение разреза Петропавловское 1 – гумусовый горизонт почвы; 2 – суглинок; 3 – суглинок опесчаненный; 4 – песок; 5 – алевроит опесчаненный; 6 – трещины усыхания; 7 – норы землероев; 8 – карбонатные новообразования (а) и конкреции (б); 9 – ожелезнение; 10 – марганцевистые дробовины (а) и крап (б); 11 – гипс; 12 – раковины моллюсков; 13 – скопления остатков млекопитающих; Hol – современная почва голоцена, bg – баганский лесс, el – ельцовский лесс, is – искитимский педокомплекс, tl – тулинский лесс, br – бердский педокомплекс, sz – сузунский лесс

сированные затеки глубиной до 10 см и шириной 2–5 см. Горизонт ВСса мощностью 0,7 м – суглинок лессовидный, коричневато-серый, плотный, слабо пористый, с карбонатным псевдомицелием и корнеходами, с мелкими марганцовистыми конкрециями. В нижней части горизонта встречаются редкие, полые внутри карбонатные конкреции размером от 1 до 2,5 см, присутствуют норы землероев диаметром от 5 до 12 см. Переход в нижележащий слой отчетливый.

В профиле нижней почвы выделены гумусовый (АУса) и карбонатно-иллювиальный (ВСА) горизонты. Первый горизонт мощностью 1,1 м представлен суглинком тяжелым, темно-серым с коричневатым оттенком, плотным, слабо пористым, с псевдомицелием и корнеходами, отмечаются редкий марганцовистый крап и мелкие дробовины размером до 3 мм. Верхняя граница горизонта – в виде округлых и угловатой формы контуров, чередующихся с трещинами шириной от 2 до 10 см и глубиной до 0,6 м. Нижняя часть горизонта – в виде гумусированных языков-затек глубиной до 0,5 м. Переход в иллювиальный горизонт четкий по цвету. Второй горизонт мощностью 1,5 м сложен серовато-коричневым лессовидным, тяжелым, плотным, слабо пористым суглинком с карбонатным псевдомицелием и карбонатными конкрециями в верхней части горизонта. В нем много нор (диаметр 10–15 см) землероев. Переход в нижележащий слой постепенный.

6. *Сузунский лесс* (*sz*, 9,3–12,3 м) – светлый серовато-коричневый суглинок лессовидный, тяжелый, плотный, слабо пористый, с карбонатным псевдомицелием и полыми корнеходами, стенки которых инкрустированы карбонатами. Нижняя граница отчетливая. Мощность 3,0 м.

7. Нижняя часть разреза – субкавальные отложения, представленные озерными суглинками и речным аллювием. Мощность 11,7 м.

Ископаемые педокомплексы

Искитимский педокомплекс представлен двумя слаборазвитыми каштановыми почвами, разделенными суглинком небольшой мощности (см. рис. 4). Обе почвы имеют слабо дифференцированные незначительной мощности профили, нечетко выраженные по цвету гумусовые горизонты, характерные карбонатные новообразования в виде белоглазки, гипсовые конкреции и норы землероев. Аналогичное строение данного педокомплекса установлено в лессово-почвенных разрезах на Предалтайской равнине по р. Песчаная [6], вскрывающих соседний Ануйский увал. По групповому составу органического вещества искитимские почвы близки. Они характеризуются преобладанием фульвокислот над гуминовыми и отношениями $C_{гк}/C_{фк}$ 0,7 (is_1) и 0,8 (is_2) в гумусовом горизонте. Гранулометрический и валовой составы не обнаруживают существенных различий при профильном их распределении. В иллювиальных горизонтах почв отмечается аккумуля-

ция силикатного кальция. Таким образом, несмотря на укороченность почвенных профилей и их слабую дифференциацию, характер строения профиля, наличие белоглазки, гипсовых конкреций и нор землероев достаточно определенно свидетельствуют о формировании ископаемых почв в условиях сухой степи по типу слаборазвитых каштановых. Исследованные почвы отличаются от современных меньшей зрелостью профилей, что обусловлено, вероятно, кратковременностью их формирования в течение эпох почвообразования и существенно усилившейся аридизацией климата в позднем плейстоцене. Почвы сформировались в каргинский интерстадиал, возрастные пределы которого, согласно термolumинесцентным и радиоуглеродным датам, лежат в интервале (24±4)–(53±4) тыс. лет назад [2, 11, 14], который можно сопоставлять с МИС-3 [13].

Бердский педокомплекс состоит из двух черноземов (см. рис. 4). Верхняя почва, представленная слаборазвитым черноземом, значительно отличается от нижней профилем и гумусовым горизонтом небольшой мощности, меньшим по продолжительности временем формирования. Содержание органического углерода в гумусовом горизонте составляет 0,56 % от веса почвы и сокращается до 0,41 % в иллювиальном. В составе органического вещества преобладают гуминовые кислоты, доминирует фракция, связанная с кальцием. Соотношение $C_{гк}/C_{фк}$ равно 1,1 в гумусовом горизонте и 0,6 в карбонатно-иллювиальном. Данные механического состава, равно как и валового, не обнаруживают существенных различий по генетическим горизонтам почвы. Содержание SiO_2 слабо варьирует по профилю, практически не изменяется, Fe_2O_3 по горизонтам стабильно и колеблется в пределах 5,84–5,65 %. Содержание Al_2O_3 близко во всех горизонтах – 14,17–13,85 %. Отмечается накопление силикатного кальция в иллювиальном горизонте, что связано с процессами почвообразования. В профиле почвы в качестве основных процессов проявились гумусонакопление и карбонатизация. Основные педогенетические признаки почвы свидетельствуют об усилении аридизации в позднем плейстоцене. Почва сформировалась в условиях степи в течение одного из теплых интервалов раннезырянской эпохи, который по данным термolumинесцентного датирования [1, 11, 14] соответствует подстадии МИС-5с [13].

Нижняя бердская почва сформировалась в условиях лесостепной зоны. Она имеет хорошо развитый полигенетичный профиль, дифференцированный на мощный гумусовый и карбонатно-иллювиальный горизонты, отмечены норы землероев. По строению профиля это «мощный» чернозем обыкновенный, сформировавшийся по лугово-черноземной почве, развивавшийся длительное время при климате более теплом и достаточно влажном в казанцевское межледниковье – экви-



валент стадии МИС-5е [13]. Содержание органического углерода в гумусовом горизонте до 0,65 %, в иллювиальном – 0,23 %. В составе органического вещества преобладают гуминовые кислоты, причем фракция, связанная с кальцием. Соотношение $C_{гк}/C_{фк}$ равно 1,5 в гумусовом горизонте и 0,5 в карбонатно-иллювиальном. В почве отмечается накопление илстой фракции в основании гумусового горизонта и в иллювиальном. Коррелятно этой фракции распределяются полуторные оксиды. Значительная мощность казанцевских почв, зрелость и оглиненность профилей сближают их с почвами среднего плейстоцена и значительно отличают от вышележащих почв позднего плейстоцена. Эта почва в разрезе Куртак в Средней Сибири датирована в интервале 119–143 тыс. лет назад [11].

Обе почвы педокомплекса имеют черты преобразования в последующую эпоху холодного и влажного климата: неровная поверхность гумусовых горизонтов, осветленная их верхняя часть и гумусированные языки-затеки в основании. Нижняя почва выделяется особенно мощными языками-затеками. Эпохи формирования и преобразования нижней и верхней почв сменялись периодами лессонакопления при аридном холодном климате. Свидетельством этому являются трещины усыхания, секущие поверхности гумусовых горизонтов и заполненные вышележащим суглинком.

Нижний слой субэкральной толщи относится к сузунскому лессовому горизонту ЛПП Сибири и сопоставляется с МИС-6.

Морфометрия и морфоскопия песчаных кварцевых зерен

Метод морфоскопии и морфометрии песчаных кварцевых зерен (ММПКЗ) позволяет определить процессы, которые преобладают во время накопления осадка, и сопровождавшие их палеогеографические условия. Для эоловых отложений характерны преимущественно хорошо окатанные зерна округлой формы III класса окатанности (от 50 до 70 %) [15].

Изучение кварцевых зерен фракции среднего песка (0,25–0,5 мм) проводилось под бинокулярным микроскопом Альтами СМ0870-Т по методике, разработанной в ИГ РАН [15]. Зерна фотографировали на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6510LV во вторичных электронах (SEI) в ЦКП многоэлементных и изотопных исследований ИГМ СО РАН. Окатанность зерен определялась по трафарету Л. Б. Рухина [7] и пятибалльной шкале А. В. Хабакова [9]; после этого для каждого образца вычислялись коэффициенты окатанности и степень заматованности [15]. Матовость зерен определялась визуально от глянцевой до матовой. Ранее на территории юга Западной Сибири данный метод использовался авторами при изучении лессовых отложений Новосибирского [8, 12] и Барнаульского [5] Приобья. В данной статье приведены данные

ММПКЗ по субэкральной части разреза. Образцы из лессовых горизонтов отбирались из их середины, из палеопочвенных горизонтов взяты из гумусовых.

Для кварцевых зерен **баганского лесса** (МИС-2) коэффициент окатанности составил 54,5 %, степень заматованности 59 %. Преобладают зерна II и III классов окатанности (42 % и 38 % соответственно). Остальная часть приходится на плохо окатанные зерна I класса. Необработанные и превосходно окатанные зерна отсутствуют. Большинство зерен имеют полуматовую (36 %) или матовую (36 %) поверхность, 20 % – четвертьматовую, 8 % – глянцевую (рис. 5).

Основными элементами микрорельефа поверхности зерен баганского лесса являются микроямки, которые развиты на большинстве зерен и образуют так называемую микроямчатую поверхность, являющуюся типичным признаком эоловой транспортировки зерна [15]. Чаще всего ее хорошо видно на выступающих частях зерен (см. рис. 6, а, б). На многих зернах отмечены свежие раковистые сколы – косвенный признак морозного выветривания (см. рис. 6, а) [16]. Зерен, несущих признаки химического выветривания, в данном горизонте нет.

В **ельцовском лессе** (МИС-2) коэффициент окатанности немного выше, чем в вышележащем баганском, – 57,5 %. Степень заматованности 60,5 %. Большая часть зерен относится ко II (38 %) и III (40 %) классам окатанности, плохоокатанных зерен 18 %, превосходно окатанных 4 %. Доминируют полностью матовые зерна (40 %), меньше – с полуматовой поверхностью (32 %), с четвертьматовой (18 %) и глянцевой (10 %) (см. рис. 5). Для зерен характерна микроямчатая поверхность (см. рис. 6, в, г); так же как и в баганском лессе, она лучше сохранилась по «граням и вершинам» зерен (см. рис. 6, г); достаточно широко распространен раковистый скол на зернах. Встречаются признаки химического выветривания в виде травления по микроструктурным отдельностям и растворения (см. рис. 6, в).

Коэффициент окатанности кварцевых зерен из **нижней палеопочвы искитимского педокомплекса** (МИС-3) равен 53,5 %, степень заматованности – 52 %. В слое по-прежнему преобладают зерна II (36 %) и III (30 %) классов окатанности, но их количество меньше, чем в вышележащих лессах; 28 % зерен – плохоокатанные I класса, 6 % – превосходно окатанные. Поровну (по 32 %) зерен с полуматовой и четвертьматовой поверхностями, 28 % – с матовой, 8 % – с глянцевой (см. рис. 5). К наиболее распространенным элементам в морфоскопии зерен горизонта относятся следы химических процессов (травление, растворение, «шероховатость» поверхности) (см. рис. 6, д, е), а также постседиментационные раковистые сколы, свидетельствующие о морозных процессах, скорее всего после почвообразовательных. На ряде зерен по выступающим

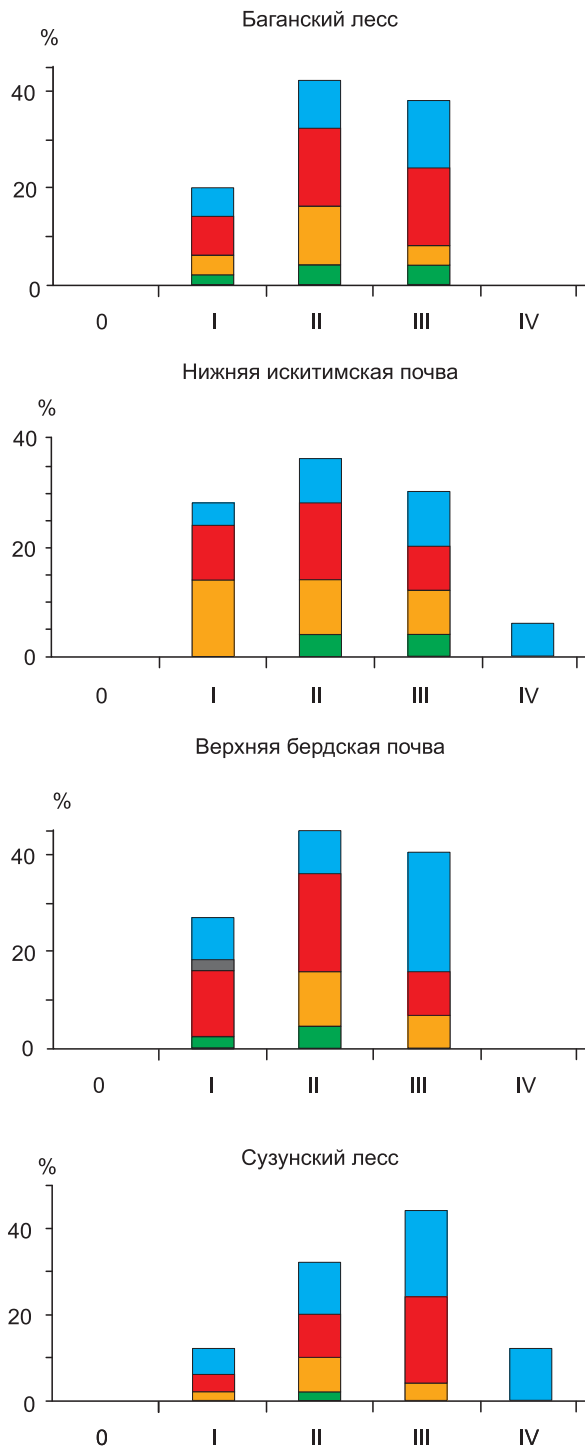


Рис. 5. Распределение песчаных кварцевых зерен из лессово-почвенных слоев разреза Петропавловское по окатанности и заматованности

Поверхность: 1 – глянцевая, 2 – четвертьматовая, 3 – полуматовая, 4 – матовая; 0, I, II, III, IV – классы окатанности по шкале А. В. Хабакова [9]

частям отмечается микроямчатость – признак эолового переноса.

В *тулинском лессе* (МИС-4) коэффициент окатанности кварцевых зерен 52,5 %, степень заматованности 62,5 %. Половина зерен относятся ко второму классу окатанности, 30 % – к III и 20 % – к I. Превалируют зерна с матовой поверхностью (42 %), у 30 % зерен поверхность полуматовая, у 22 % – четвертьматовая, у 6 % – глянцевая (см. рис. 5). Отмечается широкое распространение микроямчатой поверхности (см. рис. 6, ж, з), на некоторых зернах хорошо заметны раковистые сколы.

свидетельствуют «разъедание» зерен и растворение их поверхности, в том числе по поверхности раковистых сколов.

ММПКЗ *бердского педокомплекса* представлена по образцам из нижней (МИС-5е) и верхней (МИС-5с) палеопочв. В *верхней палеопочве* коэффициент окатанности 53 %, степень заматованности 59 %. Преобладают зерна II (40 %) и III (36 %) классов окатанности, плохо окатанных зерен 24 %. Для большей части характерна матовая поверхность (38 %), по 28 % зерен с полуматовой и четвертьматовой поверхностью, 6 % глянцевых (см. рис. 5). На некоторых зернах сохраняются следы переноса зерен в воздушном потоке, выраженные в виде микроям-

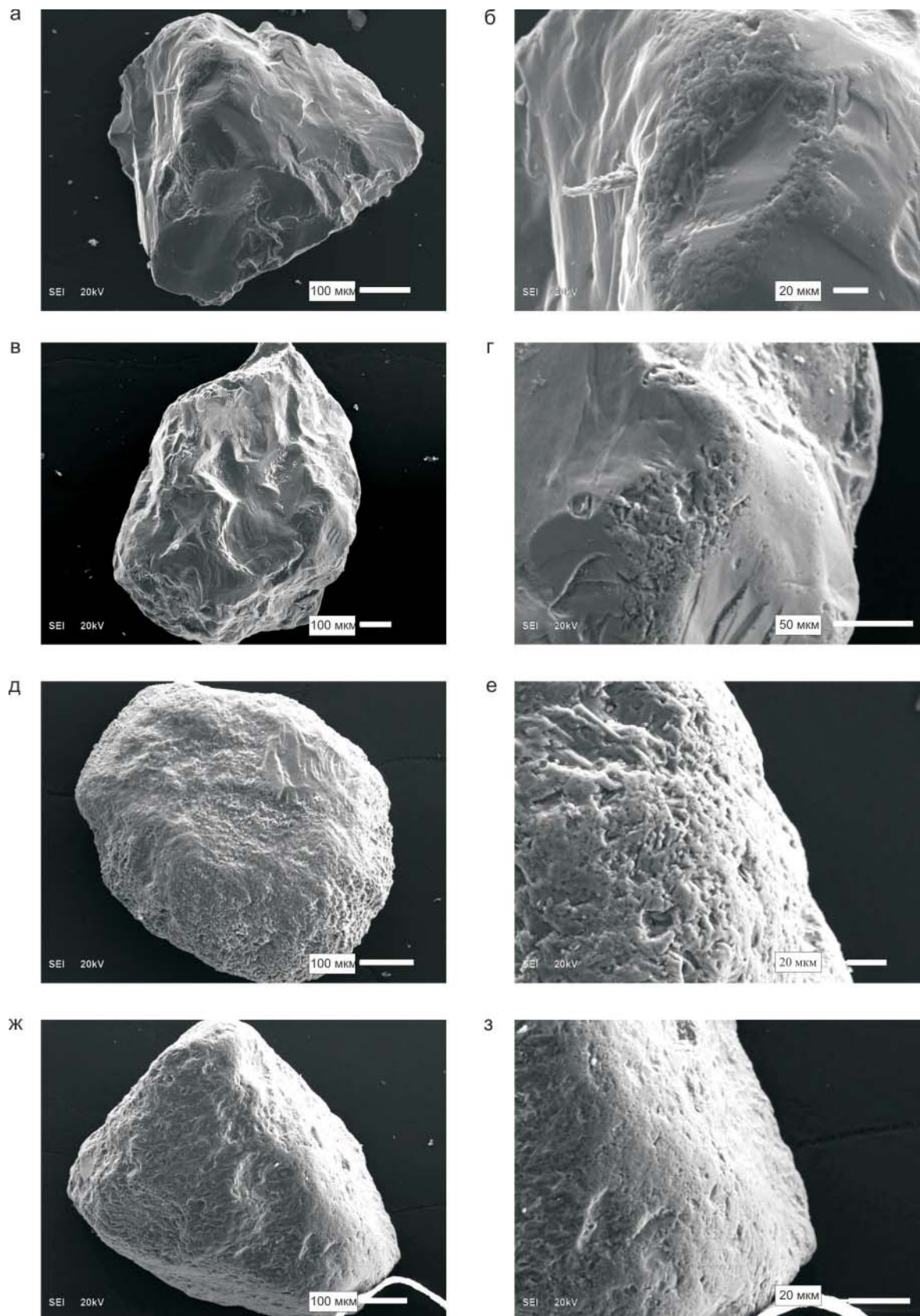


Рис. 6. Кварцевые зерна баганского, ельцовского, тулинского лессов и искитимского педокомплекса: а – баганский лесс, четвертьматовое зерно с микроямчатой поверхностью, сохранившейся по граням и вершинам зерна; б – микроямчатость на зерне «а»; в – ельцовский лесс, четвертьматовое зерно с микроямчатостью по вершинам и граням зерна; г – микроямчатая поверхность на зерне «в»; д – нижняя искитимская палеопочва, матовое сильно выветрелое зерно; е – химически протравленная поверхность зерна «д»; ж – тулинский лесс, матовое зерно с микроямчатостью; з – микроямчатая поверхность и следы соударений на зерне «ж»

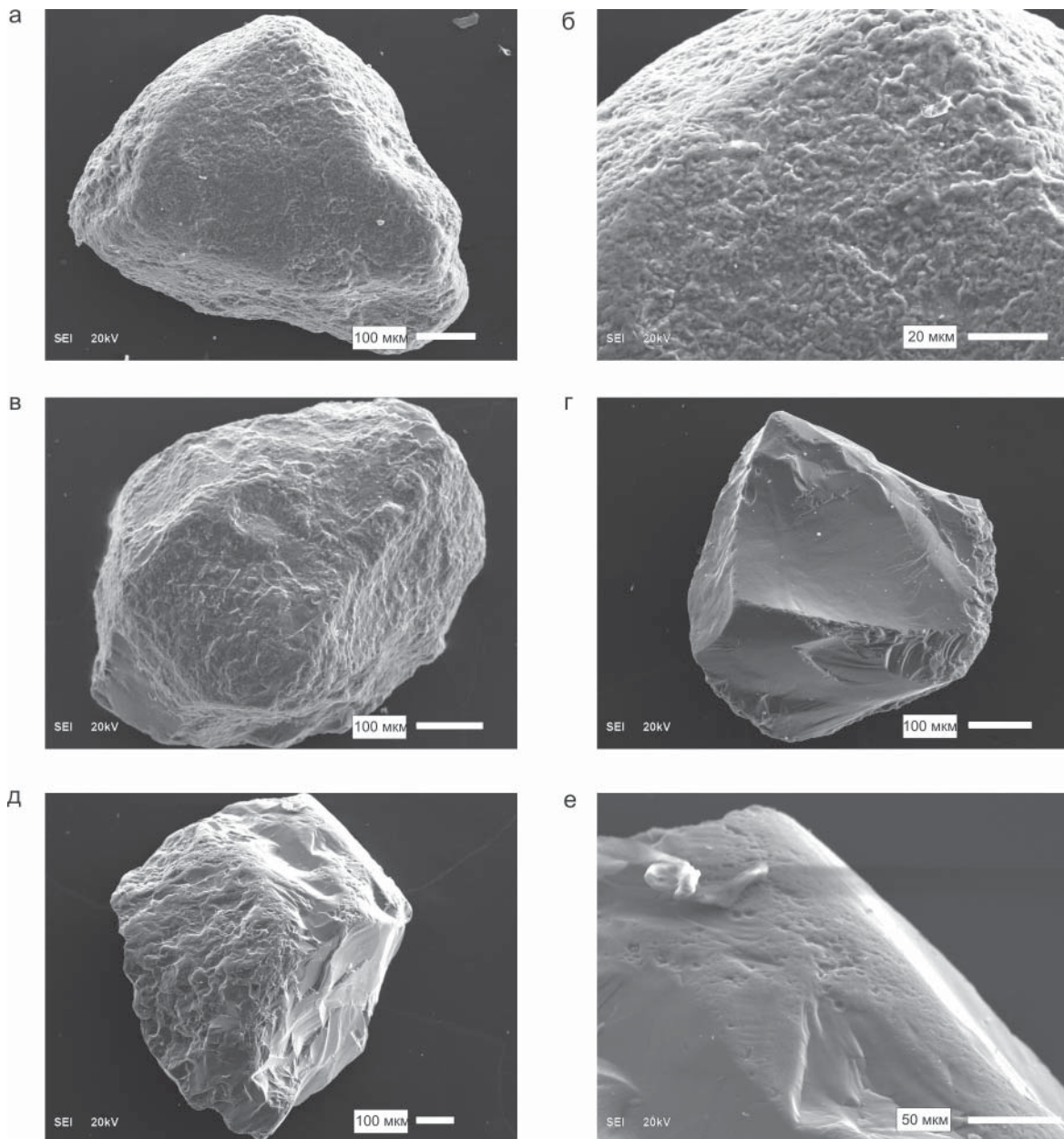


Рис. 7. Фото кварцевых зерен бердского педокомплекса и сузунского лесса: а – верхняя бердская почва, матовое выветрелое зерно; б – растворение кремнезема на поверхности зерна «а»; в – нижняя бердская почва, химически выветрелое матовое зерно; г – сузунский лесс, четвертьматовое зерно с раковистыми сколами и микроямчатостью по граням зерна; д – сузунский лесс, полуматовое зерно с раковистым сколом, микроямчатостью и следами химического травления; е – микроямчатая поверхность на выступающей части зерна «д»

частости. Поверхность зерен претерпела достаточно сильные изменения, связанные с действием химических процессов (рис. 7, а, б), сопровождавших осадконакопление. Ряд зерен имеет постседиментационные раковистые сколы, нарушающие химически протравленные поверхности зерен. В *нижней палеопочве* также преобладают среднеокатанные зерна II класса (42 %), немного меньше хорошо окатанных (36 %), превосходно окатанных 6 %, плохо окатанных 16 %. Больше всего полуматовых зерен (40 %), незначительно меньше матовых (38 %), 22 % четвертьматовых. Коэффициент окатанности 58 %, степень заматованности 63,5 % (см. рис. 5). В морфоскопии зерен основные характеристики этой по-

чвы схожи с таковыми верхней почвы (см. рис. 7, в), однако количество зерен с постседиментационным раковистым сколом гораздо меньше.

В *сузунском лессе* отмечено увеличение значения коэффициента окатанности до 64 % и степени заматованности до 70,5 %. Увеличивается и процентное содержание зерен III (44 %) и IV (12 %) классов. В группу плохоокатанных зерен I класса попадает 12 %. Ровно половина зерен матовые, 34 % полуматовые, 14 % четвертьматовые и 2 % глянцевые (см. рис. 5). Зерна сузунского лесса отличаются уверенными признаками эолового осадконакопления в холодных условиях: широко развиты микроямчатость (см. рис. 7, д, е) и следы соударений

(см. рис. 7, е), часто нарушенные «свежим» раковистым сколом (см. рис. 7, г). Кроме того, выделяются зерна с постседиментационным развитием химического выветривания – растворение поверхности, травление зерен (см. рис. 7, д).

Данные ММПКЗ субаэральной части разреза Петропавловское показали выдержанные близкие значения коэффициента окатанности для горизонтов верхнего плейстоцена (52,5–58 %), в среднеплейстоценовом сузунском лессе оно выше (64 %). Разброс значений степени заматованности в целом также незначителен (59–63,5 %), лишь в почве каргинского времени он равен 52 %. Сузунский лесс выделяется и в отношении матовости – для него характерно значение 70,5 %. Пониженная матовость зерен из искитимской палеопочвы, вероятно, связана с процессами постседиментационного морозного выветривания. В результате десквамации зерна раскалывались на части, тем самым приобретая более глянцевую поверхность. Тот же процесс, по-видимому, повлиял и на более низкую (по сравнению с ельцовским лессом) окатанность и матовость образцов из баганского лесса.

Во всем разрезе отсутствуют неокатанные зерна. Значения коэффициентов окатанности и степени заматованности по горизонтам характерны для отложений, которые формировались за счет эоловой транспортировки. Это подтверждается и наличием микроямчатости на зернах разного класса окатанности во всех горизонтах. Для лессовых горизонтов типичны раковистые сколы, которые косвенно являются признаком морозных процессов, сопровождавших лессонакопление [15]. На примере зерен из лессов, затронутых химическими процессами, видно, что раковистые сколы образованы до действия постседиментационного химического выветривания. В образцах из гумусовых горизонтов изученных палеопочв (искитимский и бердский педокомплексы) видно, что химическими процессами была переработана большая часть поверхности зерен, однако на ряде зерен сохранились признаки эолового переноса. Отмеченный на них раковистый скол, скорее всего, постседиментационный.

В данном разрезе коэффициенты окатанности лессовых зерен ниже, чем в аналогичных слоях Приобского лессового плато (Новосибирское и Барнаульское Приобье). Это, вероятно, связано с различным источником материала, переносимого ветром. В предгорной части Предалтайской равнины в пределах Ануйского и Колыванского увалов уже встречаются отдельные выходы коренных пород. При выветривании и разрушении пород появлялся материал, который в дальнейшем вовлекался в поток и переносился эоловым путем. Наличие подобного местного переноса необработанного материала, который не успевал хорошо окатываться в течение недлительной транспортировки, по-видимому,

повлияло на снижение степени окатанности зерен изученного разреза.

Наличие зерен с глянцевой поверхностью в ряде горизонтов лессов может быть связано либо с участием в процессе лессонакопления зерен с близрасположенных речных долин, либо с раскалыванием исходно захороненных эоловых зерен на несколько осколков, имеющих глянцевых поверхности.

Выводы

Стратиграфические, палеопедологические, литологические данные, полученные при изучении разреза по р. Ануй у пос. Петропавловское, позволили выделить в нем две толщи. Верхняя субаэральная толща, соответствующая верхней части лессово-почвенной последовательности Западной Сибири, формировалась во время позднего плейстоцена – конца среднего плейстоцена. Залегающий в ее основании сузунский лесс соответствует МИС-6 [1, 16]. В лессово-почвенной последовательности выделены два педокомплекса. Каждый представлен двумя почвами, отражающими эволюцию этапов позднеплейстоценового почвообразования от казанцевского межледниковья к каргинскому интерстадиалу. Черноземное почвообразование казанцевского межледниковья в условиях лесостепей при климате более теплом и влажном, чем современный, сменилось в интерстадиал раннезырянской эпохи на степное черноземное в более аридных условиях. Почвенный покров каргинского интерстадиала был представлен каштановыми почвами, формировавшимися уже в условиях сухой степи при дальнейшей аридизации климата во время теплых эпох. Тренд развития почвообразовательных процессов был направлен на усиление аридизации климата. После казанцевского межледниковья амплитуда и частота климатических колебаний существенно изменились. Теплые эпохи этого интервала отличаются значительно меньшей глубиной потепления и кратковременностью. Это выражено в упрощенном строении профилей почв и меньшей мощности их горизонтов.

Данные морфоскопии и морфометрии кварцевых зерен позволили подтвердить эоловый генезис изученных отложений: во всех горизонтах субаэральной части разреза Петропавловское отмечаются признаки переноса в воздушном потоке. Кроме этого, установлены признаки проявления морозного выветривания и следы химических процессов. В разрезе по морфоскопии выделяется среднеплейстоценовый сузунский лесс, в котором отмечаются лучше выраженные следы эоловой транспортировки. Вместе с высокой окатанностью и матовостью это может свидетельствовать о более длительном осадконакоплении в течение МИС-6, чем во время холодных стадий позднего

плейстоцена. По-видимому, накопление лессовых отложений Предалтайской равнины в пределах Колыванского увала происходило в криоаридных условиях.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-05-00371), государственно-го задания (проект № 0330-2016-0017).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Зыкина В. С. Зыкин В. С.** Лессово-почвенная последовательность и эволюция природной среды и климата Западной Сибири в плейстоцене – Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2012. – 477 с.

2. **Зыкина В. С., Волков И. А., Дергачева М. И.** Верхнечетвертичные отложения и ископаемые почвы Новосибирского Приобья. – М.: Наука, 1981. – 204 с.

3. **Классификация** и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 341 с.

4. **Классификация** и диагностика почв СССР / В. В. Егоров, В. М. Фридланд, Е. Н. Иванова, Н. И. Розов. – М.: Колос, 1977. – 223 с.

5. **Комплексное** изучение горизонтов лессов верхнего плейстоцена разреза Белово / А. О. Сизикова, В. С. Зыкина, И. Ю. Овчинников, В. С. Панов // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2015. – № 4 (240). – С. 17–30.

6. **Новые** данные по стратиграфии четвертичных отложений предгорий Горного Алтая (долина р. Песчаная) / В. С. Зыкин, В. С. Зыкина, Л. Г. Смолянинова и др. // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2017. – № 3. – С. 3–16.

7. **Рухин Л. Б.** Основы литологии. – Л.: Недра, 1969. – 703 с.

8. **Сизикова А. О., Зыкина В. С.** Морфоскопия песчаных кварцевых зерен и микростроение верхнеплейстоценовых лессов юга Западной Сибири, разрез Ложок // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2014. – № 1 (170). – С. 41–50.

9. **Хабаков А. В.** Об индексах окатанности галечников // Сов. геология. – 1946. – № 10. – С. 98–99.

10. **Head M. J., Gibbard P. L., Salvador A.** The Quaternary: its character and definition // Episodes. – 2008. – Vol. 31, no. 2. – P. 234–238.

11. **Luminescence** chronology of the Upper Pleistocene loess record at Kurtak in Middle Siberia / A. Zander, M. Frechen, V. Zykina, W. Boenigk // Quaternary Science Reviews. – 2003. – Vol. 22. – P. 999–1010.

12. **Sizikova A. O., Zykina V. S.** The dynamics of the Late Pleistocene loess formation, Lozhok section, Ob loess Plateau, SW Siberia // Quaternary International. – 2015. – Vol. 365. – P. 4–14.

13. **The astronomical** theory of climate and the age of the Brunhes-Matuyama magnetic reversal / F. C. Bassinot, L. D. Labeyrie, E. Vincent, et al. // Earth and Planetary Science Letters. – 1994. – Vol. 126. – P. 91–108.

14. **The loess** record from the section at Kurtak in Middle Siberia / M. Frechen, A. Zander, V. Zykina, W. Boenigk // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 2005. – Vol. 228. – P. 228–244.

15. **Velichko A., Timireva S.** Morphoscopy and morphometry of quartz grains from loess and buried soil layers // GeoJournal. – 1995. – Vol. 36 (2/3). – P. 143–149.

16. **Zykina V. S., Zykina V. S.** The loess-soil sequence of the Brunhes chron from West Siberia and its correlation to global climate records // Quaternary International. – 2008. – Vol. 179. – P. 171–175.

REFERENCES

1. Zykina V.S., Zykina V.S. *Lessovo-pochvennaya posledovatel'nost' i evolyutsiya prirodnoy sredy i klimata Zapadnoy Sibiri v pleystotsene* [Loess-soil sequence and evolution of the natural environment and climate of West Siberia in Pleistocene]. Novosibirsk, Geo Publ., 2012. 477 p. (In Russ.).

2. Zykina V.S., Volkov I.A., Dergacheva M.I. *Verkhnechetvertichnye otlozheniya i iskopaemye pochvy Novosibirskogo Priob'ya* [Upper-Quaternary deposits and fossil soils of the Novosibirsk Ob Region]. Moscow, Nauka Publ., 1981. 204 p. (In Russ.).

3. Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* [Classification and diagnostics of soils of Russia]. Smolensk, Oikumena Publ., 2004. 341 p. (In Russ.).

4. Egorov V.V., Fridland V.M., Ivanova E.N., Rozov N.I. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR* [Classification and diagnostics of soils of the USSR]. Moscow, Kolos Publ., 1977. 223 p. (In Russ.).

5. Sizikova A.O., Zykina V.S., Ovchinnikov I.Yu., Panov V.S. [Comprehensive study of Upper Pleistocene loess horizons of the Belovo section]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri – Geology and mineral resources of Siberia*, 2015, no. 4, pp. 17–30. (In Russ.).

6. Zykina V.S., et al. [New data on the stratigraphy of the Quaternary deposits of the foothills of the Gorny Altai (the Peschanaya River valley)]. *Arkheologiya, etnografiya i antropologiya Evrazii – Archeology, ethnology and anthropology of Eurasia*, 2017, no. 3, pp. 3–16. (In Russ.).

7. Rukhin L.B. *Osnovy litologii* [Fundamentals of lithology]. Leningrad, Nedra Publ., 1969. 703 p. (In Russ.).

8. Sizikova A.O., Zykina V.S. [Morphoscopy of sand quartz grains and microstructure of the Upper Pleistocene loesses in the south of West Siberia, Lozhok section]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri – Geology and mineral resources of Siberia*, 2014, no. 1, pp. 41–50. (In Russ.).

9. Khabakov A.V. [On the roundness indexes of pebbles]. *Sovetskaya geologiya*, 1946, no. 10, pp. 98–99. (In Russ.).

10. Head M.J., Gibbard P.L., Salvador A. The Quaternary: its character and definition. *Episodes*, 2008, vol. 31, no. 2, pp. 234–238.



11. Zander A., Frechen M., Zykina V., Boenigk W. Luminescence chronology of the Upper Pleistocene loess record at Kurtak in Middle Siberia. *Quaternary Science Reviews*, 2003, vol. 22, pp. 999–1010.

12. Sizikova A.O., Zykina V.S. The dynamics of the Late Pleistocene loess formation, Lozhok section, Ob loess Plateau, SW Siberia. *Quaternary International*, 2015, vol. 365, pp. 4–14.

13. Bassinot F.C., Labeyrie L.D., Vincent E., et al. The astronomical theory of climate and the age of the Brunhes-Matuyama magnetic reversal. *Earth and Planetary Science Letters*, 1994, vol. 126, pp. 91–108.

14. Frechen M., Zander A., Zykina V., Boenigk W. The loess record from the section at Kurtak in Middle Siberia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2005, vol. 228, pp. 228–244.

15. Velichko A., Timireva S. Morphoscopy and morphometry of quartz grains from loess and buried soil layers. *GeoJournal*, 1995, vol. 36 (2/3), pp. 143–149.

16. Zykina V.S., Zykin V.S. The loess-soil sequence of the Brunhes chron from West Siberia and its correlation to global climate records. *Quaternary International*, 2008, vol. 179, pp. 171–175.

© В. С. Зыкина, А. О. Вольвах, В. С. Зыкин,
Н. Е. Вольвах, 2018



ДМИТРИЕВСКАЯ МАГМО-РУДНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ГОРНОГО АЛТАЯ

А. И. Гусев, Е. М. Табакаева

Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет имени В. М. Шукшина, Бийск, Россия

Приведены данные по петрогеохимии, петрологии дайковых образований и вольфрамовому оруденению Дмитриевского рудного поля, приуроченного к краевой магмо- и рудоподводящей части Белокурихинского плутона. Дайки представлены гранит-порфирами двуслюдяными, лейкогранитами двуслюдяными, лейкогранитами умеренно-щелочными мусковитовыми, аплитами. Они относятся к пералюминиевому и магнезиальному типам. В глубинном очаге при формировании даек происходили смешение шшонитового и адакитового родоначальных источников. Пневматолит-гидротермальные процессы формировали кварцево-грейзеновые и фельдшпатолитовые месторождения и проявления вольфрамового состава. В рудах отмечены шеелит, вольфрамит двух генераций, халькопирит, пирит, галенит, сфалерит, турмалин, флюорит, мусковит, олигоклаз, ортоклаз. В строении Дмитриевской магмо-рудно-метасоматической системы выявлена вертикальная зональность стадийного типа, подчеркиваемая сменой минеральных парагенезисов, составом элементов-примесей в минералах. Зональность оруденения и околорудных метасоматитов обусловлена изменением во времени и пространстве состава флюидов и летучих компонентов.

Ключевые слова: дайки, гранит-порфиры двуслюдяные, лейкограниты двуслюдяные, лейкограниты умеренно-щелочные мусковитовые, аплиты, кварцевые жилы, грейзены, фельдшпатолиты, вольфрамит, шеелит.

DMITRIEVSKAYA MAGMA-ORE-METASOMATIC SYSTEM OF THE NORTHERN PART OF GORNY ALTAI

A. I. Gusev, E. M. Tabakaeva

The Shukshin Altai State Humanities Pedagogical University, Biysk, Russia

The data on petrogeochemistry, petrology of dike formations and tungsten mineralization of the Dmitrievskoye ore field confined to the marginal magmatic and mineralizing part of the Belokurikha pluton. Dikes are represented by granite-porphyry two-mica, leucogranites two-mica, leucogranites moderately alkaline muscovite, and aplite. They belong to the peraluminium and magnesia types. In the deep focus, a mixture of shoshonite and adakite parent sources took place during the dike formation. Pneumatolite-hydrothermal processes formed quartz-greisen and feldspatholite deposits and manifestations of tungsten composition. Scheelite, wolframite of two generations, chalcopyrite, pyrite, galena, sphalerite, tourmaline, fluorite, muscovite, oligoclase, and orthoclase were observed in the ores. In the structure of the Dmitrievskaya that system the stage-type vertical zonation underlined by the change of mineral parageneses and composition of impurity elements in minerals was revealed. The zoning of mineralization and circum-ore metasomatites is caused by temporal and spacial changes in the composition of fluids and volatile components.

Keywords: dikes, granite-porphyry two-mica, leucogranites two-mica, leucogranites moderately alkaline muscovite, aplite, quartz veins, greisen, feldspatholithe, wolframite, scheelite.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-3-65-75

Магмо-рудно-метасоматические системы (МРМС) играют важную роль в формировании различных геолого-промышленных типов эндогенного оруденения (Au, W, Mo, Cu, Sn, Be, Pb, Zn и других металлов) [7, 13]. В зарубежной литературе эти системы часто называются магматогенно связанными [9].

Подавляющая часть МРМС Белокурихинского плутона приурочена к малым интрузиям. Отличительная особенность Дмитриевской МРМС – пространственно-парагенетическая связь с дайками кислого состава.

Дмитриевская МРМС объединяется в металлогенический таксон, отвечающий рудному полю и включающий гранодиориты усть-беловского комплекса Макарьевского ареала возрастом 353 млн лет, ряд даек гранитов, аплитов и лейко-

гранитов белокурихинского комплекса, связанные с ними месторождения и проявления вольфрама и молибдена, а также сопровождающие их метасоматиты (грейзены, кварциты, фельдшпатолиты) (рис. 1).

Дайковые образования Дмитриевской МРМС

Магматиты Макарьевского ареала описаны нами ранее [4]. Кратко охарактеризуем дайки Дмитриевской МРМС.

Дайки гранит-порфиров двуслюдяных имеют мощности от 0,5 до 2,8 м, падение 310–320°. Это среднезернистые породы, светло-серой окраски, местами с розоватым оттенком. Структура порфировая, а основной ткани – гипидиоморфнозернистая, редко – микропегматитовая. Состав (%): кварц 30–34, микроклин 28–40, плагиоклаз 20–22, биотит

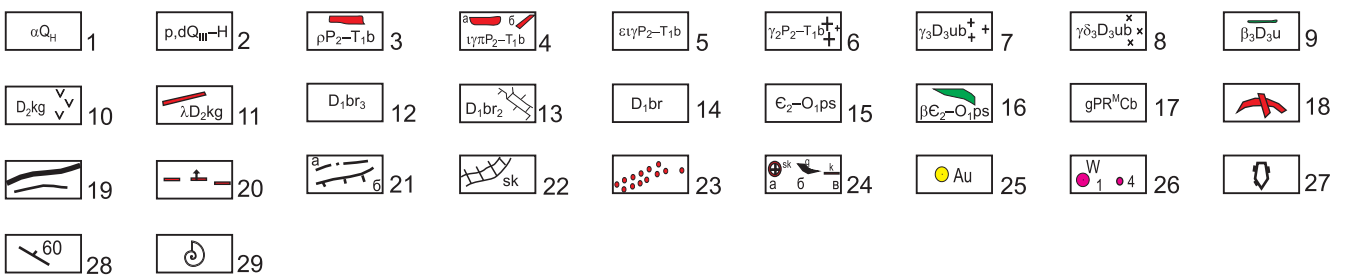
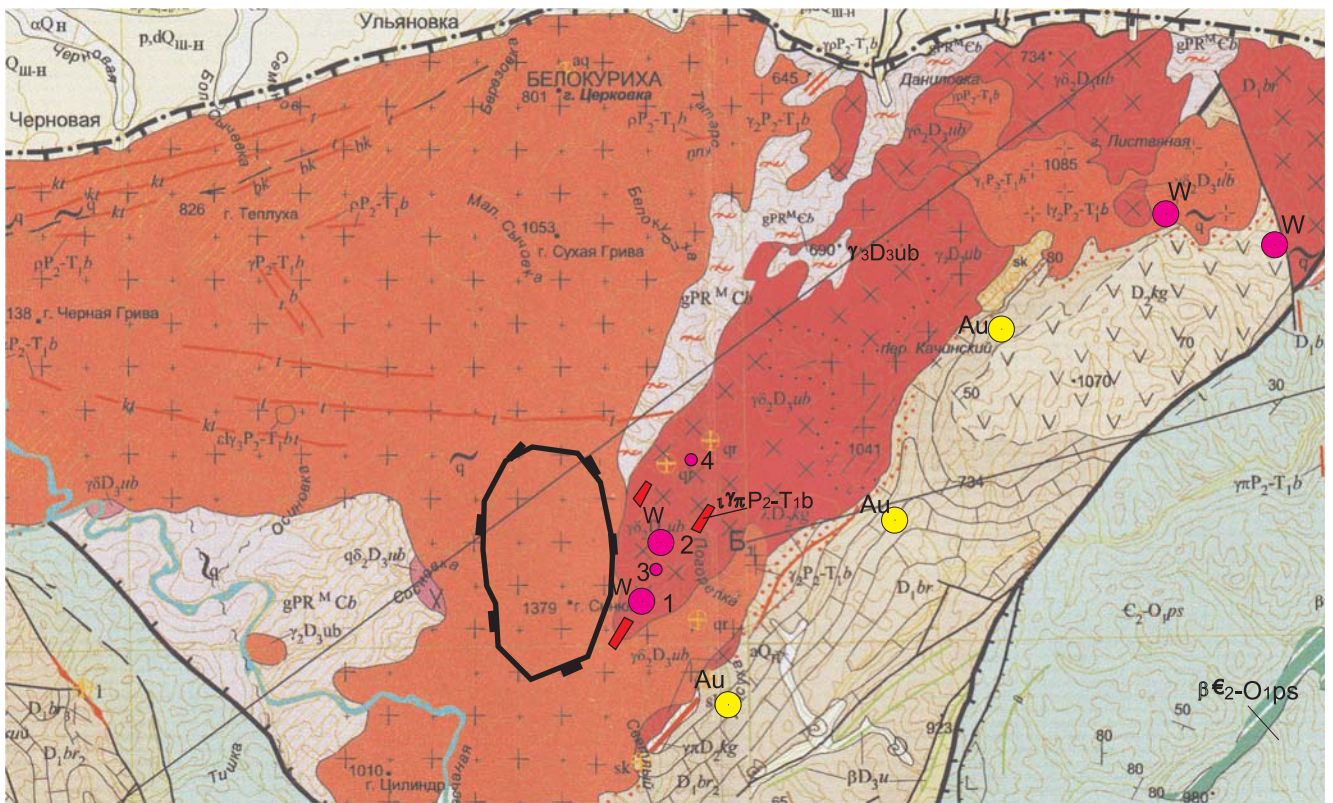


Рис. 1. Схематическая карта полезных ископаемых Белокурихинского плутона по В. А. Кривчику с добавлениями авторов

1 – аллювиальные отложения пойм; 2 – пролювиальные и делювиальные отложения; белокурихинский комплекс: 3 – дайки аплитов; 4 – интрузии (а) и дайки (б) лейкогранит-порфиров; 5 – умеренно-щелочные лейкограниты биотитовые и двуслюдяные третьей фазы; 6 – граниты порфировидные главной (второй) фазы; магматиты Макаревского ареала: 7 – гранодиориты третьей фазы; 8 – диориты, кварцевые диориты второй фазы; 9 – дайки долеритов, габбро-долеритов урскульского комплекса; 10 – лавы андезитов, андезибазальтов, базальтов, дацитов, риолитов, туфов и туфолав среднего и кислого составов куюганской свиты; барагашская свита: 11 – дайки риолитов, гранит-порфиров куюганского комплекса; 12 – песчаники, алевролиты, известняки верхней подсвиты; 13 – известняки биогермные средней подсвиты; 14 – пестроцветные песчаники, алевролиты, известняки, гравелиты, конгломераты нижней подсвиты; песчанский комплекс: 15 – пестроцветные песчаники, алевролиты, филлиты, туффиты, гравелиты песчанской толщи; 16 – силлы долеритов; 17 – гнейсы, кристаллические сланцы, амфиболиты белокурихинского полиметаморфического комплекса эпидот-амфиболитовой фации; 18 – участки мигматизации гнейсов и амфиболитов белокурихинского метаморфического комплекса; тектонические нарушения: 19 – сбросы, взбросы, сдвиги; 20 – нерасчлененные тектониты; 21 – надвиги: а – под покровом четвертичных образований, б – в коренном залегании; 22 – скарны; 23 – роговики; 24 – внемасштабные метасоматиты и гидротермалиты: а – скарны, б – кварцевые жилы, в – кварциты; 25 – проявления золота; 26 – месторождения (1 – Верхнебелокурихинское, 2 – Дмитриевское) и проявления (3 – Дрезговитное, 4 – Лог Медвежий) вольфрама и их номера; 27 – контур корневой подводящей зоны Белокурихинского плутона; 28 – элементы залегания пород; 29 – места находок фауны

5–7, мусковит 3–6, аксессуарные минералы – магнетит, апатит, циркон, редко сфен, турмалин. Во вкрапленниках присутствуют микроклин и плагиоклаз. Последний имеет размеры 0,5–0,8 см. Он зонален: в ядре интрателлурических выделений кристаллизовался олигоклаз (№ 24–25) до андезина (№ 31), а по периферии – альбит. Биотит встречается в виде

чешуек и листочков и относится к маложелезистой разновидности ($f = 38-41$), по периферии нередко окружен хлоритом и мусковитом. Плагиоклаз в виде призматических выделений нередко отмечается внутри порфировых индивидов микроклина.

Дайки лейкогранитов двуслюдяных имеют мощности от 1 до 3 м. Они массивные, изредка

с миаролами от 1 до 3 см в поперечнике. Это светло-серые иногда с розоватым оттенком породы. Структура их гипидиоморфнозернистая, местами – аплитовидная. Состав (%): кварц 34–40, микроклин 27–41, плагиоклаз 10–14, биотит и мусковит 1–4. Плагиоклаз образует идиоморфные призматические выделения, кварц и микроклин ксеноморфны. Микроклин чаще нерешетчатый и редко имеет решетчатую микроструктуру. Плагиоклаз зонален. В ядре определяется как андезин (№ 33–37), а в периферических каемках – как альбит-олигоклаз. Ядерная зона плагиоклаза часто замещается агрегатом пелита, хлорита, серицита, кварца. Чешуйчатый и листоватый биотит содержит включения акцессориев (магнетита, апатита, циркона, сфена, турмалина). Мусковит кристаллизовался позднее биотита. Он образует самостоятельные выделения и корродирует биотит.

Аплиты – мелкокристаллические породы, белые с розоватым оттенком, близкие по составу к умеренно-щелочным лейкогранитам, отличаясь от них почти полным отсутствием темноцветных минералов. Микроструктура аплитовая. Текстура массивная. Состав (%): кварц 40–42, микроклин 30–35, плагиоклаз 20–23, биотит 1–2; акцессорные – апатит, циркон, ортит, ильменит, титанит. В аплитах максимальный коэффициент глиноземистости $al = 8,3–8,8$. Заметно выражена отрицательная аномалия по европию ($Eu/Eu^* = 0,06$).

Состав даек гранитов, лейкогранитов и аплитов представлен в табл. 1.

По главным компонентам химического состава SiO_2 , (Na_2O+K_2O) породные типы даек относятся

к подотряду умеренно-щелочных, семейству умеренно-щелочных лейкогранитов, а аплит – к ультракислым умеренно-щелочным гранитам по [6].

Все породные типы даек имеют низкие отношения U/Th , не превышающие 1. Отношения Eu/Eu^* сильно варьируют – от 0,04 до 0,65, но во всех случаях менее хондритовых.

На петрохимических диаграммах фигуративные точки составов даек попадают в поля пералюминиевых и магнезиальных типов (рис. 2).

На спайдер-диаграмме отчетливо просматривается негативная аномалия по европию и в некоторых породных типах – слабо выпуклые кривые распределения РЗЭ, свидетельствующие о наличии в них тетрадного эффекта фракционирования (ТЭФ) лантанидов М-типа (рис. 3). Значения ТЭФ РЗЭ М-типа варьируют от 1,12 до 1,25 (значимые величины превышают пороговое значение 1,1) в двуслюдяных лейкогранитах и лейкогранитах умеренно-щелочных мусковитовых (см. табл. 1). При этом отмечается положительная корреляция концентраций W и значений ТЭФ РЗЭ. Известно, что проявление ТЭФ РЗЭ М-типа в высокоэволюционированных гранитных системах связано с высоководными, обогащенными летучими компонентами флюидами, и в первую очередь с фтором, бором, углекислотой, фосфором, хлором. Не случайна корреляция ТЭФ РЗЭ М-типа и концентраций W , так как последний переносится магматогенными флюидами, содержащими фтор-комплексы. Действительно, на диаграмме $W - TE_{1,3}$ наблюдается тренд увеличения концентраций W в породах с увеличением величин ТЭФ РЗЭ М-типа (рис. 4).

Таблица 1

Представительные анализы даек Дмитриевской МРМС (оксиды в мас. %, элементы – в г/т)

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO_2	72,5	74,1	74,0	74,1	74,8	76,4	75,1	76,2	79,6
TiO_2	0,23	0,18	0,17	0,18	0,13	0,07	0,07	0,07	0,03
Al_2O_3	13,7	13,71	13,73	13,3	13,4	13,1	13,3	12,7	12,4
Fe_2O_3	0,75	0,7	0,73	0,95	0,75	0,52	0,51	1,02	0,27
FeO	1,3	1,2	1,25	0,66	0,6	0,33	0,39	0,03	0,15
MnO	0,05	0,08	0,07	0,08	0,06	0,04	0,04	0,14	0,01
MgO	0,41	0,3	0,28	0,45	0,34	0,21	0,24	0,4	0,05
CaO	0,9	0,83	0,81	0,55	0,6	0,3	0,35	3,03	0,34
Na_2O	2,8	3,3	3,2	4,6	3,95	4,28	4,3	5,54	2,9
K_2O	4,9	4,65	4,61	4,55	4,87	4,2	4,3	3,4	4,0
P_2O_5	0,09	0,1	0,11	0,05	0,2	0,03	0,03	0,4	0,2
Сумма	99,7	99,8	99,8	99,8	99,7	100,01	100,0	99,95	100,0
Mo	1,2	1,1	1,2	1,1	2,8	2,5	2,7	2,5	1,6
Be	6,5	5,7	5,5	1,7	0,6	1,0	1,5	1,4	1,8
V	11,7	9,5	9,2	9,1	9,8	9,2	9,1	9,0	5,1
Cr	12,6	10,5	11,5	9,8	9,3	9,5	9,2	8,7	3,5
Ga	23,2	23,3	23,6	22,2	23,6	23,7	23,9	23,3	28,9
Rb	297	301	312	140	172	165	174	182	415
Sr	143	82	95	205	8,5	10,1	15,1	16,5	90
Y	20,5	16,2	16,1	10,8	19,2	11,3	11,1	10,9	20



Окончание табл. 1

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Zr	45	35	38	225	215	195	197	201	104
Nb	22	24	23	62,2	77	68,5	66,5	62,7	46,5
Cs	16,1	19,1	19,0	3,8	2,1	2,5	2,6	2,2	5,1
Ba	375	310	313	250	35	45	55	48	25
Th	23,5	8,9	9,2	9,0	47	35	34	31	13
U	9,7	3,9	3,7	4,3	4,1	5,2	5,7	5,5	12
Ag	1,3	1	1,1	1	1,2	1,1	1,1	1,3	1,2
Co	5,0	4,87	4,85	1,43	2,89	1,9	1,95	1,5	1,3
Ni	7,0	7,1	7,12	3,3	4,18	3,8	3,5	3,3	2,0
Zn	67,9	70,1	65,1	34,7	9,19	10,5	13,5	14,1	12,1
Pb	40,2	34,5	35,1	13,7	7,48	7,3	9,3	8,7	7,8
Li	141	167	172	122	48,3	49,9	49,3	50,7	13,8
Sc	3,1	2,72	2,8	3,49	2,4	2,5	2,5	2,3	1,5
Ge	1,6	1,1	1,2	1	1,1	1,3	1,4	1,5	1,6
Cu	14,6	13,7	14,5	6,92	16,6	15,1	17,1	16,9	12,7
Hf	7,5	7,3	7,2	7,8	4,5	5,1	5,3	5,2	5,4
Ta	2,9	5,4	5,5	5,5	4,8	4,5	4,6	4,4	19,0
W	4,2	3,9	30,5	34,3	34,1	4,0	4,3	45,5	3,1
Sn	8,1	7,3	7,1	7,4	10,2	8,5	8,3	9,1	7,2
La	38,0	27,8	28,1	3,08	5,64	4,5	4,0	4,35	7,3
Ce	96,5	60,1	58,1	6,73	15,2	7,1	10,1	8,51	17,5
Pr	7,1	6,8	6,9	0,93	1,87	1,05	1,0	1,02	1,2
Nd	34,1	25,4	23,4	3,15	7,11	4,1	4,2	3,66	11,6
Sm	6,4	4,61	4,6	1,11	2,25	1,8	1,9	0,81	3,5
Eu	0,7	0,49	0,45	0,06	0,03	0,12	0,13	0,08	0,08
Gd	4,7	3,89	3,8	1,24	2,17	1,5	1,9	0,73	4,8
Tb	0,9	0,55	0,65	0,27	0,46	0,35	0,3	0,35	1,1
Dy	3,2	3,01	3,1	1,77	2,87	2,05	2,1	0,94	3,2
Ho	0,8	0,51	0,5	0,32	0,61	0,5	0,7	0,26	0,7
Er	1,5	1,48	1,42	0,98	1,88	1,2	1,2	0,63	1,2
Tm	0,3	0,22	0,23	0,16	0,34	0,2	0,2	0,14	0,3
Yb	1,9	1,5	1,4	1,37	1,43	1,41	1,5	1,2	6,4
Lu	0,24	0,2	0,21	0,21	0,38	0,28	0,25	0,19	1,3
Au	0,005	0,0036	0,0032	<0,002	<0,002	<0,002	0,003	0,002	0,002
Ag	0,95	0,28	0,05	0,043	0,086	0,075	0,03	0,076	0,15
Sb	0,15	0,11	0,1	0,1	0,1	<0,1	0,011	<0,1	<0,1
ΣREE	216,84	152,76	148,32	32,18	61,44	37,46	40,58	32,47	80,18
TE _{1,3}	0,99	1,04	1,12	1,16	1,15	0,98	0,93	1,25	0,91
U/Th	0,41	0,44	0,4	0,48	0,09	0,15	0,17	0,18	0,92
Nb/La	0,58	0,89	0,82	20,2	13,6	15,2	16,6	12,3	10,5
Eu/Eu*	0,38	0,35	0,32	0,16	0,04	0,65	0,21	0,31	0,06

Примечания. Дайки: 1 – гранит-порфир двуслюдяной; лейкограниты: 2–3 – двуслюдяные, 4–8 – умеренно-щелочные мусковитовые; 9 – аплит. Анализы выполнены в лаборатории ИМГРЭ (Москва) методами ICP-MS и ICP-AES. TE_{1,3} – тетрадный эффект фракционирования редкоземельных элементов, рассчитанный как среднее между первой и третьей тетрадами по [11]. Нормализация элементов относительно хондритов по [8].

В целом состав даек обнаруживает близость к шононитовым разностям и к высококалиевым адакитовым гранитоидам (низкие концентрации Y, Yb), что указывает на возможное смешение различных родоначальных источников в глубинном очаге. Такое смешение и совмещение шононитовых и адакитовых гранитоидов предполагалось

нами ранее для подобных магматических ареалов северной части Горного Алтая (Айский, Точильный ареалы) [2].

Оруденение Дмитриевской МРМС

Оруденение исследуемого металлогенического таксона включает грейзеновые месторождения

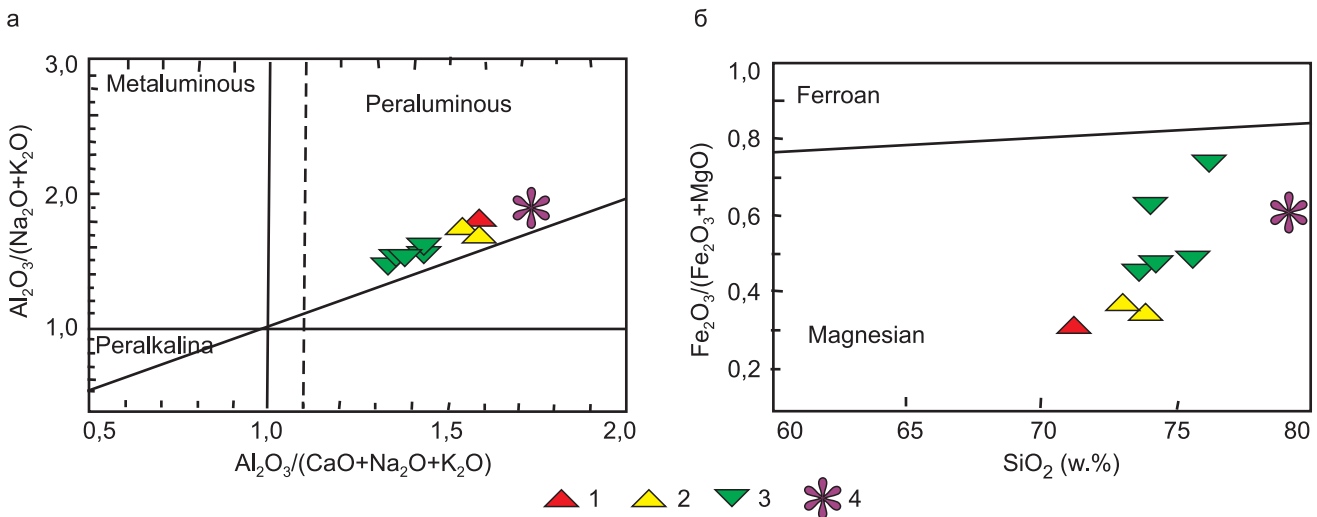


Рис. 2. Диаграммы $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O) - Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$ (а) по [12] и $Fe_2O_3/(Fe_2O_3+MgO) - SiO_2$ (б) по [14] для дайковых образований Дмитриевской МРМС

1 – гранит-порфир двуслюдяной; 2 – двуслюдяные лейкограниты; 3 – лейкограниты умеренно-щелочные мусковитовые; 4 – аплит

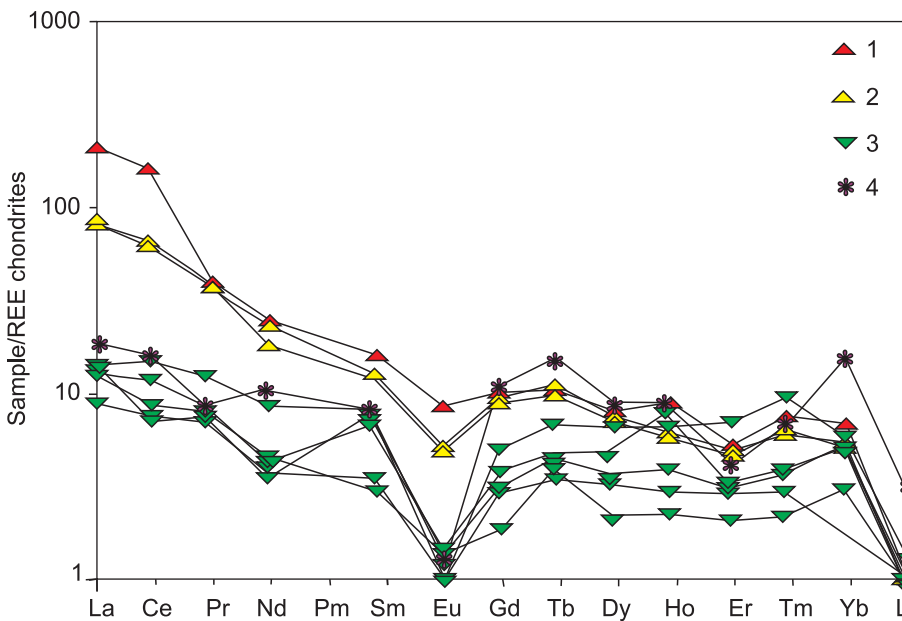


Рис. 3. Спайдер-диаграмма распределения РЗЭ в породах даек Усл. обозн. см. на рис. 2

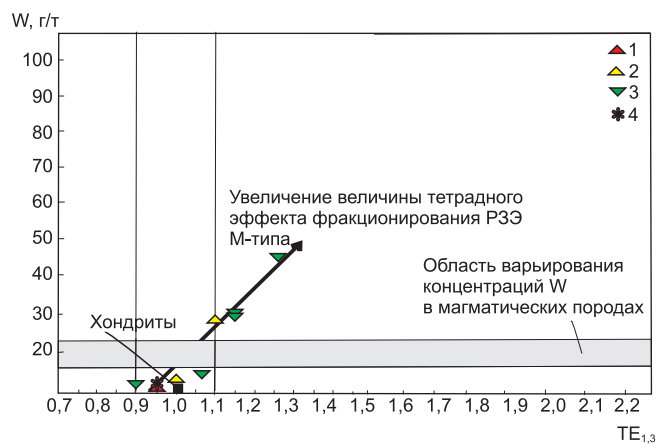


Рис. 4. Диаграмма W – $TE_{1,3}$ по [3] для породных типов дайковых образований Дмитриевского рудного поля $TE_{1,3}$ – ТЭФ РЗЭ как среднее между первой и третьей тетрадами по [11]. Серая область на диаграмме выделена на основании средних содержаний вольфрама в изверженных породах по [1]. Содержания вольфрама в хондритах по [15]. Остальные усл. обозн. см. на рис. 2

(Верхнебелокурихинское, Дмитриевское) и проявления (Дрезговитное, Лог Медвежий).

Верхнебелокурихинское вольфрамовое месторождение находится в верховьях р. Большая Белокуриха, в истоках ее правых притоков ручьев

№ 6–8, в 2,5–3 км к юго-западу от Дмитриевского месторождения. Открыто в 1951 г. и разведано Дмитриевской партией Западно-Сибирского геологического управления. Месторождение приурочено к Осиновско-Дмитриевской тектонической зоне,

представлено одиннадцатью субширотными кварцевыми жилами среди полос грейзенизированных гранодиоритов усть-беловского комплекса и мелкими субпараллельными, быстро выклинивающимися прожилками. Простираение жил 250–310°, падение на север под углами 45–80°. По простиранию жилы прослежены от 10 до 340 м при мощности от 0,04 до 0,40 м, а с учетом сопровождающих жилы грейзенов – до 2,25 м. Ведущий рудный минерал – вольфрамит, вокруг которого узкими каймами развивается шеелит. Из других рудных минералов встречаются пирит, халькопирит; реже галенит, сфалерит; из жильных – флюорит, серицит, редко турмалин. Аналогичная минерализация, но очень убогая устанавливается и среди полос грейзенизированных пород, в которых, кроме того, найдены единичные зерна золота. Вольфрамит в грейзенах образует вкрапленность и гнезда размерами до 1×1,5 см. Он часто ассоциирует с шеелитом, который кристаллизовался позже вольфрамитов. Шеелит образует каемки вокруг вольфрамитов шириной 0,05–1 мм. Чаще же формирует тонкие субпараллельные прожилки, приуроченные к плоскостям спайности. Изредка отмечаются прожилки шеелита в вольфрамитовых мощностью 1–2 мм. В наиболее мощных прожилках наблюдаются таблитчатые и октаэдрические правильные кристаллики вольфрамитов. Местами вольфрамит в грейзенах ассоциирует с пиритом, халькопиритом.

Вследствие низких содержаний триоксида вольфрама большинство жил практического интереса не представляют. Достаточно высокие содержания установлены в трех жилах (№ 2, 8, 10).

Жила № 2 прослежена выработками по простиранию на 370 м. Ее мощность на этом интервале меняется от первых до 30–40 см. Весьма характерно выклинивание, линзование и ветвление как по простиранию, так и по падению. Вольфрамовое оруденение характеризуется ярко выраженным гнездовым распределением. В кварце помимо вольфрамитов и шеелитов редко встречаются галенит, сфалерит, халькопирит, азурит и ковеллин. В жилах, и особенно в грейзеновых оторочках, постоянно присутствует окисленный пирит. В интервале 227 м средняя мощность жил с учетом оруденелых грейзенов составляет 0,40 м, среднее содержание триоксида вольфрама – 0,35 %. В результате химического анализа жильного кварца с вкрапленностью пирита, флюорита и мелкочешуйчатой слюдки из канавы № 1060 установлено содержание золота 0,8 г/т, серебра 37,2 г/т; триоксида вольфрама 0,1 %. В штучной пробе из жилы № 2 (кварц с пиритом, галенитом и халькопиритом) содержание золота 2,3 г/т, серебра 45,7 г/т.

Описание остальных жил приведено в [5].

В штучных пробах из кварцевых жил с вкрапленностью вольфрамитов и лимонита установлены промышленные концентрации вольфрама (от 0,1 до 1 % и более), бериллия (0,001–0,1 %), золота

(0,1–6 г/т) и повышенные концентрации серебра (до 25 г/т), а также литий (до 0,025 %) и мышьяк (до 0,035 %). Максимальное содержание золота (6 г/т) в жиле № 10. Кварц в этой жиле образует три генерации. Кварц 1-й генерации гетерогранобластовый, имеет «запыленный» вид с гнездами и скоплениями мусковита (размерами до 0,5–1 см), вкрапленность и гнезда вольфрамитов 1-й генерации. Кварц 2-й генерации, мелкокристаллический, прозрачный, содержит вкрапленность пирита, вольфрамитов 2-й генерации, галенита, сфалерита, халькопирита и арсенопирита размерами до 3 мм. Кварц 3-й генерации представлен прожилками стебельчатой разновидности с вкрапленностью лимонитизированного пирита, флюорита. Вольфрамит 1-й генерации по составу элементов-примесей можно отнести к высокоскандиевому типу и низкоредкоземельному, а 2-й – к высокоредкоземельному и низкоскандиевому (табл. 2). В нем также отмечены повышенные концентрации урана. Генерации вольфрамитов различаются и по характеру проявления ТЭФ РЗЭ: в ранней проявлен W-тип ТЭФ РЗЭ, а в поздней – M-тип (см. табл. 2), что свидетельствует о разном составе и активности летучих компонентов в пневматолито-гидротермальном процессе.

В измененных вмещающих породах содержания вольфрама до 1 %, бериллия до 0,05 %, золота до 0,2 г/т, серебра до 20 г/т, лития до 0,06 %, мышьяка до 0,08 %. Запасы триоксида вольфрама категории C₁ по трем описанным жилам составляют 63,3 т при средней концентрации 0,24 %, а прогнозные ресурсы категории P₁ по 11 жилам – 6300 т, включая запасы категории C₁.

Дмитриевское месторождение находится в верховьях р. Белокуриха, в бассейне ее правых притоков – ручьев Дмитриевский и Дрезговитный. Месторождение открыто в 1943 г. Ю. А. Спейтом в виде кварц-полевошпатовых свалов с вольфрамитом. Дальнейшая история разведки месторождения приведена в работе [5].

Месторождение локализовано среди гнейсогранодиоритов усть-беловского комплекса, в которых проявлены две крупные зоны широтного простирания, насыщенные кварц-полевошпатовыми жилами и прожилками того же состава, что и зоны субширотного простирания при крутом падении на север. Мощность жил колеблется от 0,05 до 1,15 м (в среднем 0,6 м). Наиболее мощные жилы содержат реликты грейзенизированных гранодиоритов. Характерны полосчатые жилы, представляющие собой чередование полосок, сложенных полевошпатовым материалом, и тонких (иногда нитевидных) полосок серого кварца, что создает своеобразный «бурундучный» текстурный рисунок. Полевошпатовая матрица представляет собой фельдшпатолит, сложенный преимущественно плагиоклазом (олигоклаз № 15–22) в виде идиоморфных выделений размерами до 2 мм. Иногда отмечаются порфириобласты плагиоклаза зонального строения



Таблица 2

Содержание элементов-примесей в минералах Верхнебелокурихинского месторождения (г/т)

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9
V	42,6	14,8	64,1	72,3	11,3	7,9	5,0	102	77,3
Cr	12,7	11,1	24,1	23,5	9,6	4,5	0,9	4,3	34,1
Co	5,1	14,9	7,7	8,3	8,5	5,7	1,4	9,1	20,6
Ni	7,3	7,2	10,8	11,5	3,8	3,2	2,5	8,7	5,3
Cu	67,5	–	289	295	35,8	7,4	5,9	15,1	54,7
Zn	101	985	256	240	145	15,7	14,9	40,1	135
Rb	8,8	3,5	8,0	6,6	2,8	15,8	1350	5,6	1754
Sr	78	12,8	71,5	65,1	6,8	8,4	77,2	96,1	364
Nb	44,6	22,8	54,9	55,3	1,9	3,5	15,6	2,9	49,1
Cs	8,1	3,3	4,5	3,6	1,5	1,95	56,9	0,4	54,6
Ba	31,5	16,6	270	237	4,8	23,7	1130	5,6	230
Pb	103	12,2	2390	1240	–	9,5	5,8	16,1	13,2
Th	11,3	1,3	3,99	11	0,7	0,5	0,5	4,2	1,5
La	6,9	11,3	5,7	3,9	2,4	1,8	1,6	10,1	2,6
Ce	17,1	23,7	28,9	9,3	5,2	3,0	5,6	25,3	8,3
Pr	3,4	2,7	0,81	1,1	0,7	0,45	0,2	1,6	0,41
Nd	8,5	12,7	2,9	5,9	2,2	2,45	2,6	5,3	2,5
Sm	7,1	13,6	1,2	2,1	1,03	0,41	0,6	0,7	0,6
Eu	0,35	2,1	0,26	0,15	0,23	0,016	0,1	0,12	0,05
Gd	8,1	10,8	3,75	2,9	0,35	0,55	1,3	1,4	0,9
Tb	0,6	0,5	1,45	0,5	0,06	0,04	0,7	0,73	0,76
Dy	3,7	7,5	15,0	3,5	0,5	0,35	1,6	1,5	1,9
Ho	0,9	0,9	3,7	0,4	0,05	0,05	0,5	0,15	0,16
Er	3,9	1,0	11,4	1,25	0,3	0,6	0,9	1,48	0,34
Tm	0,4	0,5	2,1	0,22	0,046	0,2	0,12	0,09	0,12
Yb	2,9	4,7	25,2	21,7	0,11	2,3	1,8	1,85	1,0
Lu	0,3	0,5	3,0	0,2	0,009	0,03	0,2	0,15	0,2
Y	41,8	33,8	67,4	37,8	8,9	11,7	9,7	7,9	7,8
Ga	6,9	8,3	5,3	2,5	3,6	1,3	77,7	54,5	176
Zr	23,2	22,3	20,1	31,2	23,4	5,2	8,7	0,9	222
Sc	66,1	69,1	288	496,3	55,8	47,4	0,2	10,1	13,1
Hf	3,8	4,1	2,3	1,6	0,9	0,8	0,15	0,2	6,7
Ta	1,9	1,8	2,1	1,9	0,2	0,15	0,7	1,3	91,1
Mo	115	116	10,5	30	2,3	4,2	5,7	7,3	10
Sb	5,2	6,1	5,8	6,7	6,2	0,25	0,5	4,8	20
Sn	44,4	48,2	54,8	45,3	45,9	0,66	14,8	31,2	1,3
Be	5,4	5,1	4,8	22,1	4,3	9,0	10,9	4,4	17,2
W	–	–	–	–	7,9	3,7	6,1	12,1	10,3
U	8,3	4,3	31,5	5,7	0,3	0,2	1,5	0,3	18,7
Li	21,5	10,5	8,5	9,7	8,4	8,7	25,9	85,7	41,1
Ge	0,65	0,55	0,4	1,9	0,6	0,3	0,5	1,5	8
Ag	0,1	0,9	0,03	0,15	34,8	14,8	0,3	0,17	5,8
Bi	55,8	44,8	24,7	55,3	545	23,6	0,4	1,7	5,2
ΣREE	105,65	126,3	172,8	90,9	22,08	23,95	27,52	58,37	34,84
(La/Yb) _N	1,57	1,59	0,15	0,12	14,3	0,52	0,59	3,61	1,7
TE _{1,3}	1,0	0,82	1,53	0,85	1,31	0,78	1,08	1,86	2,24

Примечания. Минералы: 1 – шеелит; 2 – халькопирит; вольфрамит: 3 – 2-й генерации, 4 – 1-й генерации; 5 – галенит; 6 – пирит; 7 – олигоклаз; 8 – турмалин, 9 – мусковит. Анализы выполнены методами ICP-MS и ICP-AES в лабораториях ВСЕГЕИ (Санкт-Петербург) и ИМГРЭ (Москва).

с ядром, сложенным олигоклазом и каемкой альбита. В матрице плагиоклаза наблюдаются зерна кварца. Позже кристаллизовался микроклин, корродирующий олигоклаз и образующий прожилко-

видные обособления мощностью 0,5–3 мм. В полевошпатовом материале развиты прихотливой формы выделения флюорита, а также по мелким трещинам – серицита. К полевошпатовому матери-

алу тяготеет и вольфрамит 1-й генерации в сростках кристаллов, совместно с которым встречается шелиит. Изредка отмечаются прожилки кварца с пиритом, вольфрамитом 2-й генерации, висмутином и фиолетовым флюоритом. Жилы местами разбиты на ряд тонких субпараллельных плит, ориентированных вдоль их простирания. По характеру строения и минерализации И. П. Коропец сопоставляет эти жилы с таковыми Осиновского месторождения, имеющими на верхних горизонтах аналогичный кварц-полевошпатовый состав. Золото отмечалось в виде единичных зерен в искусственных шлихах из грейзенизированных гранитов.

На участке вскрыты две кварц-полевошпатовые жилы (№ 1 и № 2) с промышленным содержанием триоксида вольфрама и несколько мелких оруденелых прожилков, не представляющих промышленного интереса.

Жила № 1 проходит вдоль левого борта долины руч. Каменный (правый приток руч. Дмитриевский), прослежена выработками на 600 м и вскрыта рельефом на глубину 130 м. Элементы залегания жилы почти на всем протяжении остаются постоянными: простирание 290–300°, падение на северо-восток под углами 70–85°. Мощность жилы варьирует от 5 см до 1,15 м, средняя, с учетом вмещающих оруденелых грейзенов, составляет 0,6 м. Вольфрамовое оруденение распределено неравномерно и приурочено преимущественно к полевошпатовому материалу жилы. Совместно с вольфрамитом присутствует вкрапленность турмалина 1-й генерации. В полевом шпате в виде вкрапленников и тонких коротких прожилков также встречаются фиолетовый флюорит и турмалин 2-й генерации. Среднее содержание в жиле триоксида вольфрама 0,24 %.

Жила № 2 расположена в 50–70 м севернее жилы № 1 и состоит из двух кулисообразных, заходящих друг за друга отрезков, имеющих одинаковое простирание. Разведочными работами прослежена на 200 м. Ее мощность 0,04–0,70 м, простирание 290–310°, падение на северо-восток под углами 50–70°. Иногда наблюдается выклинивание жилы со смещением на 1–1,5 м под острым углом. Строение жильного материала чаще полосчатое за счет последовательного чередования полосок розового полевого шпата и тонких, иногда нитевидных, прожилков серого кварца с вольфрамитом и турмалином 2-й генерации и сульфидами. В составе руд Дмитриевского месторождения также выделяются две генерации вольфрамитов – высоко- и низкоскандиевая (табл. 3).

Спайдер-диаграммы для минералов Дмитриевского и Верхнебелокурихинского месторождений показывают значительные различия по характеру кривых распределений РЗЭ (рис. 5).

Средняя мощность жилы с учетом оруденелых вмещающих грейзенизированных гранодиоритов 0,61 м, содержание триоксида вольфрама 0,17 %. На участке раздува кварца с вкрапленностью пирита и арсенопирита определено содержание золота от 1,5 до 6,2 г/т. Общие запасы триоксида вольфрама по двум жилам категории С₁ 66 т, прогнозные ресурсы категории Р₁ 3100 т. По авторской оценке, прогнозные ресурсы категории Р₂ на площадь рудного поля составляют 15,7 т триоксида вольфрама.

Интерпретация результатов

Форма Белокурихинского плутона лакколитообразная. По результатам геолого-геофизического моделирования его мощность составляет 2–3 км,

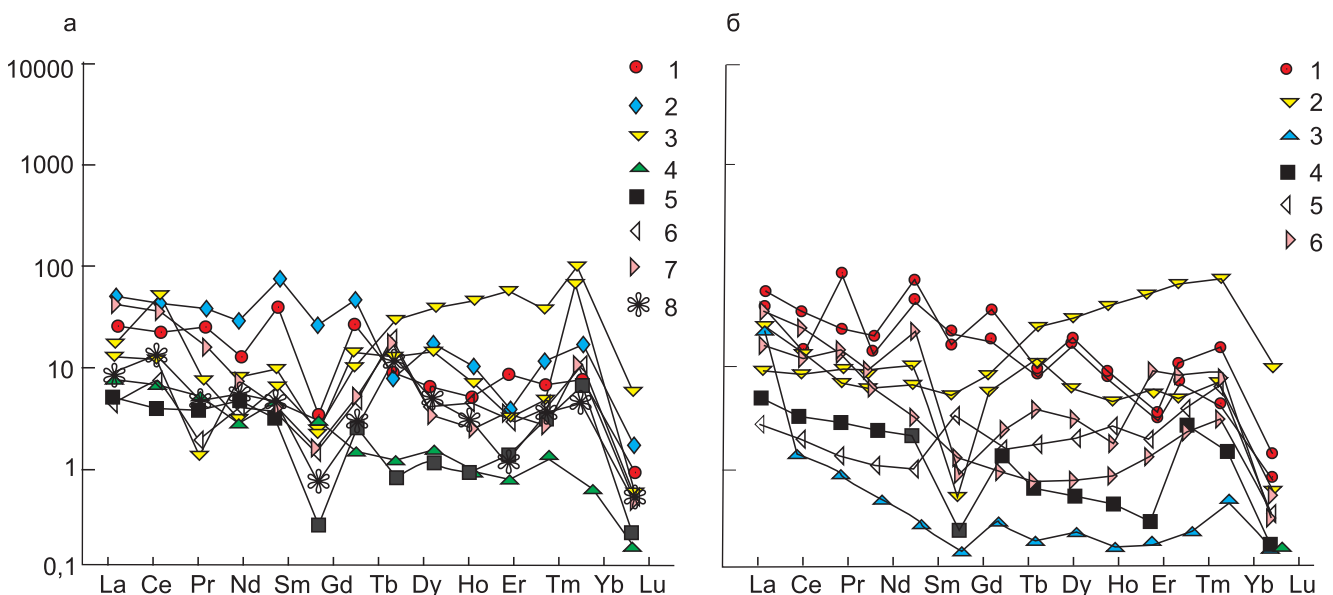


Рис. 5. Спайдер-диаграммы распределения РЗЭ в минералах Верхнебелокурихинского (а) и Дмитриевского (б) месторождений

Верхнебелокурихинское месторождение: 1 – шелиит, 2 – халькопирит, 3 – вольфрамит, 4 – галенит, 5 – пирит, 6 – олигоклаз, 7 – турмалин, 8 – мусковит; Дмитриевское месторождение: 1 – шелиит, 2 – вольфрамит, 3 – висмутин, 4 – пирит, 5 – олигоклаз, 6 – турмалин



Таблица 3

Содержание элементов-примесей в минералах Дмитриевского месторождения (г/т)

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9
V	45,6	34,8	68,3	74,5	12,3	5,9	5,5	93	34,8
Cr	13,7	11,3	44,1	33,5	12,6	4,9	0,7	5,3	45,0
Co	5,7	4,9	7,29	8,3	10,5	15,7	1,3	9,6	12,4
Ni	7,9	8,2	20,8	21,5	13,8	4,2	2,8	12,7	20,6
Cu	56,9	76,2	255	245	45,8	3,4	5,7	5,1	5,5
Zn	103	98	156	143	107	5,7	4,9	50,5	65,6
Rb	8,1	7,5	8,2	2,6	20,8	10,8	1250	2,6	62,1
Sr	76	54	74,5	25,3	3,8	3,4	67,8	97,4	94,6
Nb	34,6	26,8	54,5	45,7	1,6	1,5	5,6	2,95	12,5
Cs	4,2	3,9	4,46	0,65	1,8	0,95	56,9	0,36	0,7
Ba	21,8	18,6	274	23,7	6,8	29,7	1120	5,57	29,5
Pb	123	127	2695	1280	1345	10,5	3,8	6,8	7,1
Th	10,9	9,3	3,95	15	0,3	0,4	0,3	4,23	11,3
La	10,8	11,3	6,75	2,9	11,2	1,6	0,9	10,4	5,86
Ce	13,9	23,7	8,96	7,3	1,2	3,1	1,6	20,3	11,4
Pr	11,4	2,7	0,83	1,2	0,1	0,4	0,13	1,7	1,89
Nd	10,2	12,7	2,95	5,4	0,2	1,45	0,6	5,26	8,91
Sm	11,1	13,6	1,16	2,2	0,03	0,42	0,2	0,49	5,41
Eu	2,7	2,1	0,36	0,05	0,005	0,015	0,3	0,13	0,09
Gd	9,6	10,8	3,72	1,9	0,06	0,3	0,3	0,43	6,99
Tb	0,4	0,5	1,42	0,5	0,006	0,03	0,07	0,072	1,73
Dy	6,2	7,5	14,0	2,5	0,06	0,15	0,6	0,51	9,27
Ho	0,7	0,9	3,73	0,4	0,006	0,03	0,2	0,12	1,42
Er	0,8	1,0	13,4	1,3	0,03	0,06	0,5	0,48	3,16
Tm	0,3	0,5	2,7	0,25	0,006	0,2	0,12	0,091	0,37
Yb	1,5	4,7	21,2	1,7	0,12	0,3	1,5	0,85	2,11
Lu	0,3	0,5	3,3	0,24	0,007	0,008	0,2	0,15	0,28
Y	26,8	33,8	61,4	17,8	1,9	1,7	10,7	4,97	82,0
Ga	6,3	8,3	5,3	2,6	3,8	1,3	87,7	54,6	14,3
Zr	21,8	22,3	20,1	30,6	23,8	3,2	4,7	0,5	60,1
Sc	76,8	69,1	88	590,4	55,8	0,4	0,3	9,1	10,5
Hf	3,3	4,1	2,3	1,4	0,9	0,2	0,11	0,14	0,73
Ta	1,6	1,8	2,1	1,7	0,2	0,1	0,3	1,31	3,76
Mo	105	116	10,5	306	2,3	2,2	35,7	7,31	10,4
Sb	5,2	6,1	5,8	6,4	6,2	0,2	0,5	3,8	4,4
Sn	54,1	48,2	54,8	45,8	45,9	0,6	54,8	51,2	97
Be	5,2	5,1	4,8	22,8	4,3	9,1	3,9	4,42	10,4
W	–	–	–	–	7,9	1,7	16,1	12,9	16,9
U	8,6	9,3	31	5,6	0,2	0,2	1,5	0,18	2,31
Li	20,3	20,5	8,5	9,0	8,4	10,7	28,9	65,7	70,5
Ge	0,5	0,55	0,4	0,9	0,6	0,2	0,5	1,48	1,5
Ag	0,08	0,09	0,03	0,1	34,8	4,8	0,3	0,1	0,02
Bi	45,7	44,8	34,7	45,7	–	5,6	0,4	1,5	1,2
ΣREE	106,7	126,3	145,9	45,14	14,8	9,28	17,92	45,95	140,9
(La/Yb) _N	4,76	1,59	0,21	1,13	61,4	3,53	0,4	8,0	1,84
TE _{1,3}	1,18	0,82	1,08	1,23	0,71	0,91	0,89	1,11	1,15

Примечания. Минералы: 1, 2 – шеелит; вольфрамит: 3 – 2-й генерации, 4 – 1-й генерации; 5 – висмутин; 6 – пирит; 7 – олигоклаз; турмалин: 8 – 1-й генерации, 9 – 2-й генерации. Анализы выполнены методами ICP-MS и ICP-AES в лаборатории ИМГРЭ (Москва).

за исключением корневой части (водораздел рек Сосновка и Белокуриха), где она превышает 10 км. Восточная часть этой корневой зоны плутона занята гранитоидами усть-беловского комплекса, а Дми-

триевская МРМС вытянута в субмеридиональном направлении параллельно восточной периферии корневой зоны плутона. Все рудные объекты МРМС приурочены к разломной зоне субмеридио-



нального направления, подчеркиваемой ориентировкой даек, кварцевыми жилами и грейзенами. Нами установлено, что описанные дайки встречаются и среди пород ранних фаз Белокурихинского комплекса, имея с ними интрузивные контакты. Следовательно, оруденение Дмитриевской МРМС связано с глубинным очагом, генерировавшим все фазы Белокурихинского плутона и заключительные инъекции даек, сопровождавшихся метасоматитами фельдшпатолитового состава, кварцевыми жилами и грейзенами. Верхнебелокурихинское месторождение представляет собой более эродированную часть пневматолито-гидротермальной системы с преобладанием вольфрамитов над шеелитом. Проявление Дрезговитное отвечает нижней рудной части с убогим вольфрамитовым оруденением без шеелита и флюорита. Дмитриевское месторождение расположено в менее эродированной части гидротермальной колонны с преобладанием шеелита над вольфрамитом, а проявление Лога Медвежьего – в надрудной.

Ранние парагенезисы на обоих месторождениях несут высокоскандиевый вольфрамит, а поздние – высокоредкоземельный в ассоциации с флюоритом.

Дмитриевская МРМС имеет зональное строение. В северном направлении наблюдаются верхние и надрудные части рудной колонны, а в южном – рудная и нижняя рудная. В составе минералов выражена значительная дифференциация редкоземельных элементов по вертикали. На Верхнебелокурихинском месторождении во всех минералах четко выражена негативная европиевая аномалия, а на Дмитриевском месторождении в некоторых минералах европиевый минимум не проявлен, в то время как в полевоом шпате отмечена заметная позитивная аномалия по европию.

Обращает на себя внимание состав турмалина на обоих месторождениях. Как известно, турмалин является чутким индикатором обстановки формирования [10]. На Верхнебелокурихинском месторождении турмалин характеризуется ясной европиевой негативной аномалией с невысокой суммарной концентрацией РЗЭ, а на Дмитриевском месторождении выделяются две генерации турмалина: 1) низкоредкоземельный без европиевой аномалии, 2) высокоредкоземельный с резкой европиевой отрицательной аномалией. Появление последнего связано с притоком высокоборных растворов в гидротермальную систему и, вероятно, обильных фтор-комплексов (ассоциация турмалина 2-й генерации и флюорита), переносивших редкие земли в растворах.

Выводы

Дмитриевская МРМС представляет собой сложный объект с пневматолито-гидротермальными образованиями существенно вольфрамового состава. Оруденение приурочено к краевой части маг-

мо-рудоподводящего канала Белокурихинского плутона. В глубинном очаге, с которым связано формирование оруденения и метасоматитов, происходило возможное смешение шошонитовых и адакитовых родоначальных источников. Многоактное поступление пневматолито-гидротермальных ингредиентов способствовало формированию зональной МРМС, в которой с юга на север наблюдается вектор смены разных частей пневматолито-гидротермальной колонны: нижнерудной – рудной – верхнерудной – надрудной. Зональность относится к типу стадийной, обусловлена эволюцией флюидной фазы с трансформацией летучих компонентов от стадии к стадии и подчеркивается изменением состава окорудных метасоматитов, парагенетических ассоциаций, состава элементов-примесей в минералах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Виноградов А. П.** Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных пород земной коры // *Геохимия*. – 1962. – № 7. – С. 555–572.
2. **Гусев А. И.** Петрогенезис совмещенных шошонитовых и высококальциевых адакитовых гранитоидов раннего мезозоя Горного Алтая // *Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту)*. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2016. – С. 58–60.
3. **Гусев А. И.** Турмалин в гранитоидах Горного Алтая // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2016. – № 3, ч. 4. – С. 627–631.
4. **Гусев А. И., Коробейников А. Ф.** Петрология и золотоносность адакитовых гранитоидов усть-беловского комплекса Макарьевского ареала Горного Алтая // *Изв. ТПУ*. – 2015. – Т. 326, № 10. – С. 81–91.
5. **Кривчиков В. А., Селин П. Ф., Русанов Г. Г.** Геологическая карта масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Сер. Алтайская. Лист М-45-1 (Солонешное). Объяснительная записка. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2001. – 183 с.
6. **Петрографический кодекс России.** Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. Изд. 3-е, испр. и дополн. Утвержден МПК 10 января 2008 г. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2009. – 200 с.
7. **Петрология** и рудоносность магмо-рудно-метасоматических систем Солонешенского рудного района Алтая / А. И. Гусев, Н. И. Гусев, Е. М. Табакаева, Е. М. Дзагоева. – Бийск: АГАО, 2013. – 205 с.
8. **Anders E., Grevesse N.** Abundances of the elements: Meteoritic and solar // *Geochim. et Cosmochim. Acta*. – 1989. – Vol. 53, no. 1. – P. 197–214.
9. **Hart C. J. R.** Reduced intrusion-related gold systems // *Mineral deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods: Geological Association of Canada, Mineral Deposits Di-*



vision / Goodfellow W. D. (ed.). – 2007. – Spec. Publ. no. 5. – P. 95–112.

10. **Hinsberg V. J., Henry D. J., Marschall H. R.** Tourmaline: an ideal indicator of its host environment // *The Canadian Mineralogist*. – 2011. – Vol. 49, no. 1. – P. 1–16.

11. **Irber W.** The lanthanide tetrad effect and its correlation with K/Rb, Eu/Eu*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites // *Geochim. et Cosmochim. Acta*. – 1999. – Vol. 63, no. 3–4. – P. 489–508.

12. **Maniar P. D., Piccoli P. M.** Tectonic discrimination of granitoids // *Geol. Soc. Amer. Bull.* – 1989. – Vol. 101, no. 5. – P. 635–643.

13. **Mobility** of Au and related elements during the hydrothermal alteration of the oceanic crust: implications for the sources of metals in VMS deposits / C. G. C. Patten, I. K. Pitcairn, D. A. H. Teagle, M. Harris // *Mineralium Deposita*. – 2016. – Vol. 51, no. 2. – P. 179–200.

14. **Villaseca C., Barbero L., Herreros V.** A re-examination of the typology of peraluminous granite types in intracontinental orogenic belts // *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*. – 1998. – Vol. 89, no. 2. – P. 113–119.

15. **Wasson J. T., Kallemeyn G. W.** Compositions of chondrites // *Philosophical Transactions of the Royal Society A, London*. – 1988. – Vol. 325, no. 1587. – P. 535–544.

REFERENCES

1. Vinogradov A.P. [Mean contents of chemical elements in the main types of igneous rocks of the Earth's crust]. *Geokhimiya*, 1962, no. 7, pp. 555–572. (In Russ.).

2. Gusev A.I. [Petrogenesis of combined shoshonite and high-K adakite granitoids of the Early Mesozoic of Gorny Altai]. *Geodinamicheskaya evolyutsiya litosfery Tsentral'no-Aziatskogo podvizhnogo poyasa (ot okeana k kontinentu)* [Geodynamic evolution of the lithosphere of the Central Asian mobile belt (from the ocean to the continent)]. Irkutsk, Institute of the Earth's Crust SB RAS Publ., 2016, pp. 58–60. (In Russ.).

3. Gusev A.I. Turmalin v granitoidakh Gornogo Altaya [Tourmaline in granitoids of Gorny Altai]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2016, no. 3, part 4, pp. 627–631. (In Russ.).

4. Gusev A.I., Korobeinikov A.F. [Petrology and gold content of adakite granitoids of the Ust-Belovsky complex of the Makar'yevsky range of Gorny Altai] *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta – Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2015, vol. 326, no. 10, pp. 81–91. (In Russ.).

5. Krivchikov V.A., Selin P.F., Rusanov G.G. *Geologicheskaya karta mashtaba 1:200000. Izdanie vtoroe. Seriya Altayskaya. List M-45-I (Soloneshnoe). Ob'yasnitel'naya zapiska* [Geological map of scale 1:200 000. Second edition. The Altai series. Sheet M-45-I (Soloneshnoe). Explanatory note]. Saint Petersburg, VSEGEI Publ., 2001. 183 p. (In Russ.).

6. *Petrograficheskiy kodeks Rossii. Magmaticheskie, metamorficheskie, metasomaticheskie, impaktnye obrazovaniya* [Petrographic Code of Russia. Magmatic, metamorphic, metasomatic, impact formation]. Saint Petersburg, VSEGEI Publ., 2009. 200 p. (In Russ.).

7. Gusev A.I., Gusev N.I., Tabakaeva E.M., Dzagoeva E.M. *Petrologiya i rudonosnost' magmo-rudno-metasomaticheskikh sistem Soloneshenskogo rudnogo rayona Altaya* [Petrology and ore content of magmatic-ore-metasomatic systems of the Soloneshnoye ore district of Altai]. Biysk, AGAO Publ., 2013. 205 p. (In Russ.).

8. Anders E., Grevesse N. Abundances of the elements: Meteoritic and solar. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 1989, vol. 53, no. 1, pp. 197–214.

9. Hart C.J.R. Reduced intrusion-related gold systems. *Mineral deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods: Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division / Goodfellow W. D. (ed.)*, 2007, Spec. Publ. no. 5, pp. 95–112.

10. Hinsberg V.J., Henry D.J., Marschall H.R. Tourmaline: an ideal indicator of its host environment. *The Canadian Mineralogist*, 2011, vol. 49, no. 1, pp. 1–16.

11. Irber W. The lanthanide tetrad effect and its correlation with K/Rb, Eu/Eu*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites. *Geochim. et Cosmochim. Acta.*, 1999, vol. 63, no. 3–4, pp. 489–508.

12. Maniar P.D., Piccoli P.M. Tectonic discrimination of granitoids. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 1989, vol. 101, no. 5, pp. 635–643.

13. Patten C.G.C., Pitcairn I.K., Teagle D.A.H., Harris M. Mobility of Au and related elements during the hydrothermal alteration of the oceanic crust: implications for the sources of metals in VMS deposits. *Mineralium Deposita*, 2016, vol. 51, no. 2, pp. 179–200.

14. Villaseca C., Barbero L., Herreros V. A re-examination of the typology of peraluminous granite types in intracontinental orogenic belts. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, 1998, vol. 89, no. 2, pp. 113–119.

15. Wasson J.T., Kallemeyn G.W. Compositions of chondrites. *Philosophical Transactions of the Royal Society A, London*, 1988, vol. 325, no. 1587, pp. 535–544.

© А. И. Гусев, Е. М. Табакаева, 2018



УДК 528.77:(553.97:551.248)(571.13+571.14)

АЛГОРИТМ ДЕШИФРИРОВАНИЯ АЭРОФОТОСНИМКОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ТОРФОНАКОПЛЕНИЯ В ТАРСКОМ ПРИИРТЫШЬЕ

В. Ф. Крашенинин

АО «Куларзолото», Якутск, Республика Саха (Якутия), Россия

Рассмотрен алгоритм процесса дешифрирования аэрофотоснимков для выявления закономерностей хемогенно-биогенных отложений Тарского Прииртышья. Определена связь областей промышленного торфонакопления с неотектоническими структурами и характером проявления неотектонической активности. Приведены прогнозные ресурсы торфов междуречья Иртыш – Тара – Оша – Уй – Шиш. Доказано, что аэрометоды при региональных исследованиях с использованием ландшафтно-индикационного метода дешифрирования – один из основных путей получения инженерно-геологической информации, но ее кондиционность должна быть заверена наземными исследованиями.

Ключевые слова: аэрофотоснимки, дешифрирование, Тарское Прииртышье, неотектоника, поверхности – уровни, ландшафты, торфы, месторождения, ресурсы.

ALGORITHM OF AERIAL-PHOTO INTERPRETATION TO IDENTIFY PEAT ACCUMULATION REGULARITIES IN THE TARA PRIIRTYSHYE

V. F. Krasheninina

Kularzoloto JSC, Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russia

The article discusses an algorithm of interpreting aerial photographs for revealing the regularities of chemogenic-biogenic deposits of Tara Priirtyshye. A relation between areas of industrial peat accumulation with neotectonic structures and the character of neotectonic activity has been established. Predicted peat resources in the Irtysh–Tara–Osh–Uy–Shish interfluvium are given. It is proved that aerial methods in regional studies using the landscape-indicative method of interpretation are one of the main ways of obtaining engineering-geological information, but its conditionality should be reassured by ground studies.

Keywords: aerial photographs, interpretation, Tara Priirtyshye, neotectonics, surfaces – levels, landscapes, peat, deposits, resources.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-3-76-80

То, что совершалось на Земле до появления геолога или вообще человечества, восстанавливается только в мыслях геолога, причем неизбежно с ошибками, почему эти мысли и могут быть в лучшем случае логическими, а не фактически истинными.

И. П. Шарапов

В аэрофотоснимках (АФС) Тарского Прииртышья (трапеции О-43–113, 114, 102), рассматриваемых как информационная модель территории, геологическая информация присутствует в двух принципиально различных формах:

1) открытой (прямые дешифровочные признаки, см. рисунок), где геологические объекты опознаются непосредственно на АФС;

2) закрытой (закодированной) форме через рельеф, растительность, гидросеть и структуру их аэрофотоизображения (косвенные признаки).

Особенность изучаемой площади состоит в том, что практически вся информация о новейшей тектонике скрытая, а основная трудность дешифрирования состоит в выявлении «кода» – корреляционно-регрессионных связей между конфигурацией ландшафтных компонентов (геоидентификаторов) и невидимой глубинной структурой земной коры для познания геологического строения искомым территории (в частности, закономерностей накопления лимнических (хемогенно-биогенных) отложений),

а также для решения важной народнохозяйственной задачи – определения (подсчета) их прогнозных ресурсов.

В результате неодиаспораций, связанных «с унаследованным развитием... вследствие постумных движений структурных зон фундамента» [7, с. 109], в породах платформенного чехла образовались зоны повышенной геохимической, гидрогеологической активности и трещиноватости. Они влияют на формирование структуры ландшафта и выражены следующими признаками:

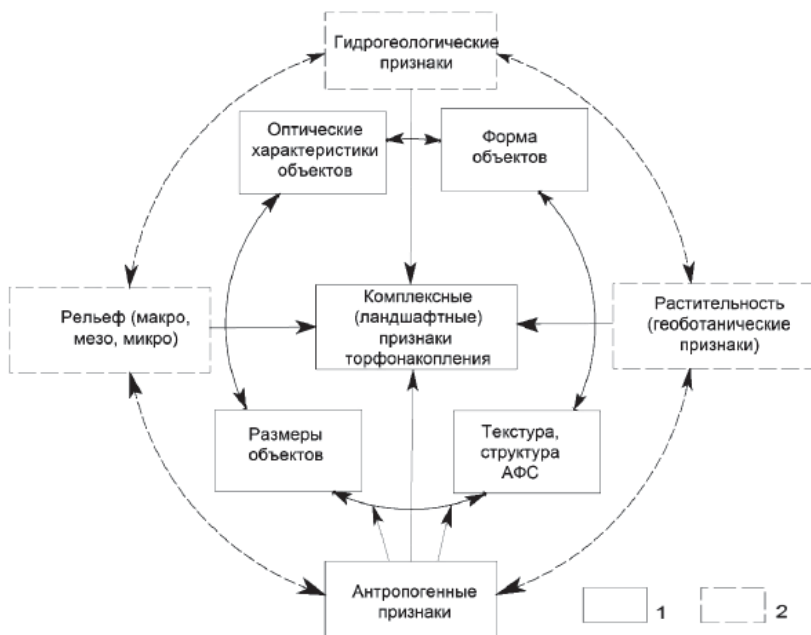
– линейно ориентированными фрагментами речных долин р. Иртыш и ее притоков (Тара, Оша, Уй, Шиш);

– прямолинейными очертаниями озерно-болотных низин (массивов);

– фрагментами линейно-рядового рельефа – реликтами спиллвеев и скэйблендов [5];

– цепочками заболоченных котловин;

– резко ограниченными и измененными (сгущенными или разреженными) растительными группами.



Алгоритм дешифрирования АФС для выявления закономерностей торфонакопления Тарского Прииртышья
 Дешифровочные признаки: 1 – прямые; 2 – косвенные

Тектонические нарушения опознаются не по одному геоидентификатору, а сразу по нескольким, встречающимся в разных сочетаниях и дополняющим друг друга.

Решение проблемы торфонакопления в значительной степени зависит от местоположения изучаемого участка в пределах структур верхнеплитного (неотектонического) комплекса отложений и характера проявления неотектонической активности эоцен-четвертичного времени [1, с. 161]. В связи с этим при исследованиях АФС одна из первоочередных задач – это определение областей новейших поднятий – опусканий и участков стабильного тектонического режима, а также типа неотектонических движений (дизъюнктивные или пликативные). Дешифрирование аэрофотоматериалов для

этой цели осуществляется с использованием различных компонентов ландшафта – ряда косвенных и прямых дешифровочных признаков (см. рисунок), объединяющихся в четыре большие группы, а именно: рельеф, гидрогеологические, геоботанические и антропогенные.

Рельеф

Современная низкая террасированная равнина Обского флювиала [3] (см. таблицу) аллювиального генезиса междуречья Иртыш – Оша (абс. отм. 56–80 м) наследует озерно- и лагунно-морскую аккумулятивную палеоравнину (абс. отм. 46–55 м), хорошо просматривающуюся («просвечивающуюся») в виде концентрически неполно замкнутых структур пляжно-отмелевой зоны Туртасского озе-

Параметры хемогенно-биогенных месторождений, прогнозируемых в Тарском Прииртышье (междуречье Иртыш – Тара – Оша – Уй – Шиш, трапеции О-43–113, 114, 102) [4]

Флювиал	Геоморфологический уровень	Абс. отм., м	Генетический тип	Параметры прогнозируемых месторождений			Возраст торфонакопления
				Мощность продуктивного пласта, м	Прогнозные ресурсы P_3 , млн m^3	Площадь, га	
Современный Обский Унаследованный Туртасский	I–II	56–68	Тыловых частей (швов) пойменных и первых надпойменных террас	1	1	100	Голоцен
			Тыловой части 2-й надпойменной террасы и древние старицы	2	20	1000	
	III	70–80	Тектонических котловин	3	150	5000	Верхний неоплейстоцен
	IV	100–141	Коллювий планаций 4-й террасы	–	–	–	Средний неоплейстоцен
	V	110–150,4	Замкнутых тектонических котловин	4	50	1250	
Всего ресурсов	I–V	56–150,4	Террас котловин	3	221	7350	Неоплейстоцен – голоцен



ра-моря, которое «к концу олигоцена в связи с активизацией в регионе положительных движений... начинает распадаться на систему отдельных водоемов, в результате чего широкое развитие получают торфяные болота» [6]. В понимании В. С. Суркова полная генетическая унаследованность отдельных участков рассматриваемой территории является надежным региональным поисковым признаком локализации мощных торфяников [7, с. 109]. Менее благоприятно в этом плане выглядит эрозионно-аккумулятивная равнина (абс. отм. 80–150,4 м) междуречья Иртыш – Тара – Уй – Шиш. В урочище Борисовка [2] появление аномальных высотных отметок до 150,4 м свидетельствует о преобладании здесь неотектонических движений положительного знака, а «ловушкой» для промышленных скоплений хемогенно-биогенных отложений могут служить только локально унаследованные структуры современных лимнических бассейнов с озерно-старичными палеобассейнами зоны озерно-аллювиальной аккумуляции (смирновской свиты) Барнаульского флювиала [3]. Они хорошо дешифрируются под маломощными покровными полигенетическими образованиями как кольцевые и концентрические замкнутые и неполно замкнутые линеаменты.

Отличительной особенностью мезорельефа Тарского Прииртышья является наличие пяти выдержанных по простиранию и гипсометрии геоморфологических поверхностей – уровней.

Первый уровень (абс. отм. 56–66 м, см. таблицу) – аккумулятивная равнина р. Иртыш и ее притоков с аквально-отложениями генетических типов флювиальной и лимнической групп. Последние выполняют присклоновые западины тылового шва пойменной и первой надпойменной террасы **второго уровня** (абс. отм. 58–68 м), образуя мелкие промышленные скопления маломощных (0,7–1,3 м) торфяников на отметках 64–65 м. Это, например, известные месторождения Булдыри, Городское, Тарское и др. с господствующими типами болотных (осоково-гипновых, осоковых, осоково-сфагновых) и лесных (березово-осоковых, березово-сосново-осоковых) микроландшафтов.

Прямыми дешифровочными признаками микрорельефа на АФС для мезо- и евтрофных болот, как и для олиготрофных, являются зернистость, тональность АФС, полосато-пятнистый рисунок. Эти признаки максимально полно изложены в работе Л. И. Усовой [8].

Третий уровень (абс. отм. 70–80 м) наиболее перспективен для торфонакопления. Он отражен в поверхности выравнивания второй надпойменной террасы, сложенной перигляциальным комплексом аллювиальных и покровных отложений каргинского оледенения Обского флювиала. Тыловой шов террасы на левобережье р. Иртыш прослеживается с трудом, но хорошо дешифрируется на правом берегу, где к его сочленению с «цоколем» – уступом 4-й террасы – приурочены торфяные болота

присклоновой западины и древних стариц. Болота находятся в зонах влияния или в узлах сопряжений разрывов субмеридионального, субширотного и северо-восточного направлений [4]. Все это позволяет надеяться на обнаружение здесь торфяных залежей мощностью до 3 м, образовавшихся за счет отложений в замкнутых тектонических котловинах. Индикация болот этого генезиса (Кармыловское, Петрашевский Рям, Тихониха, Чертово, Курмановское и др.) на водораздельном пространстве рр. Оша и Иртыш также имеет большое народнохозяйственное значение из-за повышенной (возможно, до 5 м) мощности лимнических отложений. Особенно важно, если они наследуют структуры палеобассейнов – лагун Туртасского озера-моря [4, 6]. В этом случае мощность торфов может достигать 10 м и более. И наоборот, распространенный в исследуемом регионе линейно-грядовый рельеф служит надежным дешифровочным признаком областей поднятий, причиной которых могут служить активизация тектонических движений, но уже положительных и сокращение в связи с этим площади морского бассейна в конце раннего эоцена [6]. Тогда такие месторождения, как Моховое, Терехинское, Гуданинское, приуроченные к межгрядовым понижениям, следует отнести к группе мелких с малой (до 1 м) мощностью торфов, но достаточно важных для сельскохозяйственных нужд местного значения.

Высокое положение 4-й надпойменной террасы (**четвертый геоморфологический уровень**, абс. отм. 100–141 м), обусловленное большой амплитудой колебаний древнего базиса эрозии Арктического океана ширтинско-тазовского времени (Кулундинского флювиала), предопределило распространение надежно дешифрируемых здесь коллювиальных образований (за счет процессов альтипланаии), что, в свою очередь, не благоприятствует накоплению торфяников.

Пятый геоморфологический уровень (абс. отм. 110–150,4 м) отражает этап стабилизации правобережья р. Иртыш верхнеплейстоцен-голоценового возраста Обского флювиала. Заблачиваемость территории здесь намного ниже, чем поверхность выравнивания третьего уровня, и составляет всего 5 % на междуречье Иртыш – Тара – Уй и 15 % на междуречье Иртыш – Шиш. Это коррелируется с уменьшением тектонической активности на указанных площадях и, соответственно, с уменьшением прогнозных ресурсов торфов. Залежи последних можно предполагать только в структурах замкнутых тектонических котловин, контролируемых дизъюнктивами веера рифтогенных структур в виде надрифтовых желобов [1] северо-северо-восточного направления (0–30°) Колготорско-Уренгойской системы и в осложняющих эти структуры древних разрывах северо-западного (340°) направления Большеюганской зоны нарушений [1, с. 161, см. вклейку], соответствующей генеральному простиранию дорифтовых структур фундамента. Это прежде

всего болотные массивы, дренируемые водотоками Бобровка, Танюшка, Верхний Улюм, Инчердак. Перспективы месторождений искоемых каустобиолитов также резко возрастают при наследовании ими структур палеобассейнов Кулундинско-Барнаульского флювиалов [3].

Гидрографические признаки

Особенности строения гидрографической сети, формы и размеры всех болотных массивов Тарского Прииртышья чутко реагируют на проявление неотектонической активности. Именно тектонической проработкой объясняется большой объем выхода грунтовых вод в болотном массиве при совпадении геоморфологического уступа (террасы) с направлением тектонической структуры (дизъюнктива или пликативной деформации), а также определяются границы избыточного увлажнения территории, параметры торфяных (сапропелевых) залежей, миграции (трансгрессии) болот, и, может быть, специфика месторождений Тарского Прииртышья – низинный их тип при верховом типе современной болотной растительности.

С помощью АФС можно решать конкретные задачи первоочередности геолого-разведочных и эксплуатационных работ. Например, на болоте Моховом не следует ожидать больших мощностей торфов из-за их перетекания в юго-западном направлении по ложбинам стока, и наоборот, болото Курмановское является «ловушкой» – вместилищем не только автохтонной залежи, но и аллохтонной из-за притока лимнических отложений с запада (крыла растущей антиклинальной структуры). Резкое увеличение мощностей (ресурсов) торфяников возможно и в болотных массивах междуречья Иртыш – Шиш, где дешифрируются пликативные деформации отрицательного знака с характерными структурами аэрофотоизображения «мертвых» и «отмирающих» долин, «лопастных» форм гидросети. С другой стороны, центробежная форма эрозионных трещин (оврагов, ложбин, водотоков и т. д.) болот Кустак, Уражай, Зимовная, Щелкановка и др. присуща куполовидным поднятиям, не перспективным для локализации торфов.

Геоботанические признаки

В болотных ландшафтах растительность слабо реагирует на проявление неотектонической активности. В основном это выражено появлением полос, цепочек гигрофильной растительности вдоль линий разломов, которым всегда подчиняются направления тыловых швов, бровок, уступов 1-й, 2-й и 4-й надпойменных террас речных долин Тарского Прииртышья за счет разгрузки подземных вод, приуроченных к этим дизъюнктивам, и последующим образованием заболоченных западин и месторождений торфов генетического типа тыловых швов (частей) названных террас. К пликативным дислокациям положительного знака приурочены

плоско-выпуклые грядово-мочажинные кустарниково-зелено-беломошные болотные массивы переходного типа. Для отрицательных структур (особенно унаследованных) характерны осоково-сфагновые интенсивно обводненные болота низинного типа, наиболее перспективные для поисков месторождений торфов замкнутых тектонических котловин.

Антропогенная деятельность

Она не является индикатором неотектонических условий торфонакопления, но всегда служит надежным признаком (как прямым, так и косвенным) наличия месторождения: мелиоративные системы осушения, карьеры торфоразработок и др.

Выводы

1. Именно новейшая (неоплейстоцен-голоценовая) динамика (дизъюнктивная и пликативная) изучаемой территории в совокупности с особенностями исторической природной зональности определяет закономерности хемогенно-биогенных накоплений, а именно: генетический тип месторождений, распространение и конфигурация болотных (торфяных) массивов, мощность залежей, их ботанический состав, обводненность.

2. По совокупности всех перечисленных компонентов ландшафта (комплексных дешифровочных признаков), образующих тот или иной внешний облик местности Тарского Прииртышья, можно наиболее достоверно выделить области промышленного торфонакопления, которые в значительной степени зависят от местоположения в пределах неотектонических структур и характера проявления неотектонической активности.

3. Аэрометоды при региональных исследованиях с использованием ландшафтно-индикационного метода – один из основных путей получения инженерно-геологической информации, кондиционность которой должна быть заверена наземными исследованиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Геологическое** строение и полезные ископаемые Западной Сибири. Т. 1 / В. Г. Свиридов, В. И. Краснов, В. С. Сурков и др. – Новосибирск: СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1999. – 228 с.

2. **Карта** полезных ископаемых Омской области. Листы О-42, -43; N-42, -43. Масштаб 1: 500 000. Объяснительная записка / Л. М. Кривонос, О. Н. Кузьмина, Г. А. Вяткина и др. – Омск, 2007. – 293 с.

3. **Капишникова О. П.** История развития речных долин Томского района на примере бассейна нижнего течения р. Томи // Матер. регион. конф. геологов Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока России. Т. 1. – Томск, 2000. – С. 9–11.

4. **Крашенинин В. Ф.** Дешифрирование аэрофотоснимков для целей картирования неотектонических структур и прогнозирования торфяных



месторождений в Тарском Прииртышье // Матер. III областной науч.-практ. конф. – Омск, 2001. – С. 116–119.

5. Рудой А. Н. Скэйбленд и гидросферные катастрофы в новейшей истории Земли и Марса // Матер. регион. конф. геологов Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока России. Т. 1. – Томск, 2000. – С. 22–24.

6. Смирнов П. В. Туртасская стадия кремне-накопления в Западной Сибири // Вестник геологии Коми научного центра УрО РАН. – 2015. – Вып. 6(246). – С. 7–10.

7. Сурков В. С., Жеро О. Г. Фундамент и развитие платформенного чехла Западно-Сибирской плиты. – М.: Недра, 1981. – 143 с.

8. Усова Л. И. Практическое пособие по ландшафтному дешифрированию аэрофотоснимков различных типов болот Западной Сибири. – СПб.: Нестор-История, 2009. – С. 50–79.

REFERENCES

1. Sviridov V.G., Krasnov V.I., Surkov V.S., et al. *Geologicheskoe stroenie i poleznye iskopaemye Zapadnoy Sibiri* [Geological structure and minerals of West Siberia]. Novosibirsk, SB RAS, NITs OIGGM Publ., 1999, vol. 1. 228 p. (In Russ.).

2. Krivonos L.M., Kuzmina O.N., Vyatkina G.A., et al. *Karta poleznykh iskopaemykh Omskoy oblasti. O-42, -43; N-42, -43. Masshtab 1: 500000. Ob"yasnitel'naya zapiska. Graficheskoe prilozhenie* [Map of minerals in the Omsk Region. O-42, -43; N-42, -43. Scale 1: 500000. Explanatory note. Graphical application]. Omsk, 2007. 293 p. (In Russ.).

3. Kapishnikova O.P. [History of development of river valleys in the Tomsk Region on the example of the basin of the Tom lower reaches]. *Materialy*

regional'noy konferentsii geologov Sibiri, Dal'nego Vostoka i Severo-Vostoka Rossii [Materials of the regional conference of geologists of Siberia, the Far East and the North-East of Russia]. Tomsk, 2000, vol. 1, pp. 9–11. (In Russ.).

4. Krashenin V.F. [Aerial-photo interpretation to map neotectonic structures and forecast peat deposits in the Tara Priirtyshye]. *Materialy III oblastnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Materials of 3rd Regional Scientific and Practical Conference]. Omsk, 2001, pp. 116–119. (In Russ.).

5. Rudoi A.N. [Scabland and hydrosphere catastrophes in the newest history of the Earth and Mars] *Materialy regional'noy konferentsii geologov Sibiri, Dal'nego Vostoka i Severo-Vostoka Rossii* [Materials of the regional conference of geologists of Siberia, the Far East and the North-East of Russia]. Tomsk, 2000, vol. 1, pp. 22–24. (In Russ.).

6. Smirnov P.V. [Turtasskaya stage of silicon accumulation in West Siberia]. *Vestnik geologii Komi nauchnogo tsentra Ural'skogo otdeleniya RAN – Bulletin of geology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*, Syktyvkar, 2015, no. 6(246), pp. 7–10. (In Russ.).

7. Surkov V.S., Zhero O.G. *Fundament i razvitie platformennogo chekhla Zapadno-Sibirskoy plity* [The basement and development of the platform cover of the West Siberian Plate]. Moscow, Nedra Publ., 1981. 143 p. (In Russ.).

8. Usova L.I. *Prakticheskoe posobie po landshaftnomu deshifirovaniyu aerofotosnimkov razlichnykh tipov bolot Zapadnoy Sibiri* [Practical manual on landscape interpretation of aerial photographs of various types of bogs in West Siberia]. Saint Petersburg, Nestor-Istoriya Publ., 2009, pp. 50–79. (In Russ.).

© В. Ф. Крашенинин, 2018



ЛОГИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ ТЕМПОВ ВОСПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ЗОЛОТА В РОССИИ

М. Ю. Харитонов¹, Н. А. Мацко²

¹Институт химии и химической технологии ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия, ²ФИЦ «Информатика и управление» РАН Институт системного анализа РАН, Москва, Россия

Предлагается модель для экспресс-прогнозирования динамики добываемых объемов и прироста запасов золота. Модель позволяет определять необходимый темп ввода запасов в освоение, сроки достижения максимальных объемов добычи золота, уровень воспроизводства запасов, обеспечивающий рост добываемых объемов с заданным темпом при необходимой обеспеченности запасами, а также параметры, характеризующие различные сценарии развития золотодобывающей отрасли. Установлено, что разведанные в настоящее время запасы обеспечат эксплуатацию сырьевой базы с сохранением достигнутых темпов роста годовой мощности (3 % в год) в течение примерно 6 лет. Далее, если не произойдет существенного увеличения запасов, начнется снижение годовых объемов. Для сохранения достигнутых темпов роста объемов добычи золота на протяжении 15 лет и поддержания обеспеченности запасами на уровне не менее 20 лет необходимо, чтобы коэффициент компенсации накопленной добычи открываемыми запасами в течение 10 лет превышал 1.

Ключевые слова: минерально-сырьевая база, золотодобыча, темп воспроизводства, геологические запасы, экспресс-прогнозирование.

LOGISTIC MODEL FOR EXPRESS EVALUATION OF REPLACEMENT RATES OF GOLD RESOURCE BASE IN RUSSIA

M. Yu. Kharitonova¹, N. A. Matsko²

¹Institute of Chemistry and Chemical Technology FRC KRC SB RAS, Krasnoyarsk, Russia; ²FRC "Computer Science and Control" Russian Academy of Sciences Institute for Systems Analysis of RAS, Moscow, Russia

The article suggests a model for express forecasting of the dynamics of extracted gold volumes and mining gain. The model makes it possible to determine the necessary rate of input of reserves for development, the timing of achieving maximum gold production, the level of replacement of reserves ensuring the growth of produced volumes at a given rate with the required supply of reserves and other parameters characterizing various scenarios for the development of the gold mining industry. It is established that the reserves that have been discovered so far will ensure the exploitation of the raw material base while maintaining the achieved annual growth rate (3% per year) for about 6 years. Further, if there is no significant increase in reserves, annual volumes will begin to decline. In order to maintain the achieved growth rates of gold production for 15 years and provision of reserves at a level of not less than 20 years, it is necessary that the compensation factor of accumulated production by discoverable reserves during 10 years exceeds 1.

Keywords: mineral resource base, gold production, rate of replacement, geological reserves, express-forecasting.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-3-81-85

В 2014 г. в РФ добыча золота превысила 300 т в год. Согласно прогнозам пик добычи еще не пройден. Такое масштабное освоение золотосодержащих месторождений ставит серьезные задачи по обеспечению отрасли разведанными запасами и ресурсами. Проблемой отечественной геологоразведки с 1990-х гг. являлись низкие, а порой и отрицательные темпы прироста запасов. Подобная ситуация была характерна практически для всего минерально-сырьевого комплекса России. Однако с начала 2000-х гг. положение в золотодобывающей отрасли резко изменилось: количество разведанных геологических запасов растет, и эта тенденция сохраняется до настоящего времени (рис. 1). В 2006 г. началось расширенное воспроизводство минерально-сырьевой базы (МСБ) золота. Произошло это за счет постановки на баланс запасов двух новых круп-

ных месторождений – Благодатное (Красноярский край) и Купол (Чукотский АО). До этого основную долю прироста запасов золота составлял прирост за счет переоценки ранее подсчитанных запасов и изучения на стадии освоения месторождений, прироста же за счет открытия новых объектов долгое время практически не было.

На сегодняшний день при прогнозируемом росте объемов добычи золота до 350 т в год обеспеченность России запасами составляет 20 лет, а с учетом прогнозных ресурсов – 27 лет. При этом, по мнению специалистов, существует большая вероятность открытия новых крупных рудных месторождений [3]. Вместе с тем процессу воспроизводства запасов присущ ряд особенностей, игнорирование которых создает проблемы для поступательного развития отрасли [1, 4, 5].

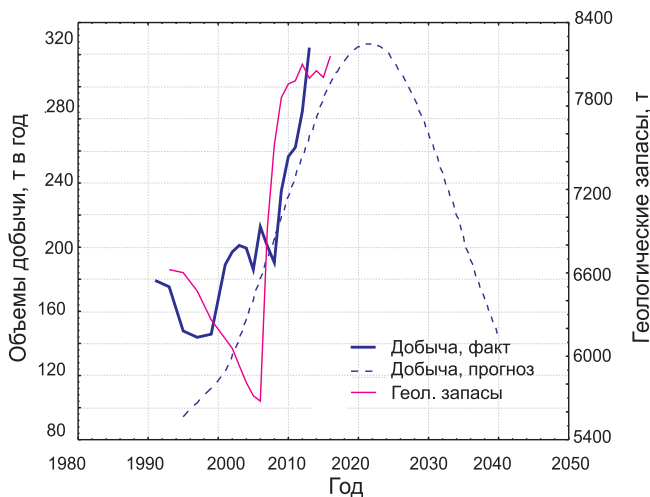


Рис. 1. Динамика объемов добычи и геологических запасов золота в РФ

Поиски и разведка запасов требуют значительных средств. В советский период геолого-разведочные работы носили планомерный характер и обеспечивались регулярным государственным финансированием, что создавало возможность расширенного воспроизводства МСБ. В рыночных условиях финансирование прироста запасов осуществляется в основном за счет инвесторов и не имеет регулярного характера. И если золоторудные гиганты (девять предприятий, обеспечивающих почти половину добычи) справляются с проблемами воспроизводства запасов, то огромное число мелких частных золотодобывающих компаний вкладывают лишь четверть от необходимого объема финансирования [3]. Отечественные золотодобывающие компании, ограниченные в свободных денежных средствах в период низких цен на золото, не направляют инвестиции не только в поиск новых объектов, но и в доразведку эксплуатируемых месторождений. Такая тенденция наблюдается не только в России, но и в мире в целом. Циклический характер инвестиций в геолого-разведочные работы (ГРП) во многом определяется рентабельностью сырьевых компаний. Низкие цены на металлы вынуждают компании ограничивать инвестиции в разведку, несмотря на то что предприятия непосредственно заинтересованы в развитии собственной МСБ. Общий бюджет на геологоразведку компаний мира, занимающихся добычей цветных металлов, к 2016 г. сокращался четыре года подряд.

Кроме того, что поиски и разведка месторождений связаны с большими затратами, отдача от инвестиций в разведку постоянно снижается. Связано это с низкой вероятностью открытия новых крупных месторождений в районах с высокой степенью геологической изученности, с перемещением ГРП на территории со сложными климатическими и инфраструктурными условиями, с усложнением и удорожанием технологии разведки, ухудшением горно-геологических условий, с ростом затрат на энергоносители, на использование земель и др.

Результатом снижения эффективности ГРП становится сокращение компаниями соответствующего бюджета. Для уменьшения рисков частных инвесторов задачу финансирования поиска и оценки прогнозных ресурсов берет на себя государство. Государству, как собственнику недр, интересно выявление крупных месторождений. Для того чтобы открыть и подтвердить запасы, нужен не один сезон разведки. Если такие крупные объекты будут установлены (вероятность для рудного золота большая), то необходимо принимать во внимание, что существует лаг времени между открытием месторождения и выводом его на проектные уровни добычи, который в мировой практике золотодобычи может достигать 20 лет. Как правило, столько времени занимают процессы доизучения месторождения, постановки запасов на учет, поиска инвесторов, подготовки необходимых технико-экономических обоснований и проектов, создания инфраструктуры и разработки новых технологий, если это необходимо. Подобные лаги необходимо учитывать при планировании процессов воспроизводства МСБ.

Разработка стратегии развития отрасли – достаточно трудоемкий процесс, требующий серьезных материальных затрат и времени, необходимости учета большого количества влияющих факторов, в том числе указанных ранее. Кроме того, показатели, заложенные в планах и прогнозах, подсчитанные для определенных условий, со временем нуждаются в уточнении и корректировке, что, в свою очередь, приводит к изменению целевых показателей стратегии. В связи с этим крайне желательно наличие инструментов для оперативного моделирования сценариев развития золотодобывающей отрасли.

Поэтому разработка модели для экспресс-прогнозирования динамики добываемых объемов и прироста запасов золота, чему посвящена данная статья, является весьма актуальной задачей.

Теоретическая модель

Исследование проводилось с использованием логистической модели, адаптированной для описания процесса добычи полезных ископаемых в регионе (стране). Достаточно широкое использование подобных моделей для прогноза динамики добычи запасов полезных ископаемых определяется неприменимостью экспоненциальных или линейных зависимостей для описания процессов освоения ограниченных ресурсов, а также логической непротиворечивостью характеру фактического изменения добываемых объемов сырья. Рассматриваемый метод ранее был использован авторами для прогнозирования объемов добычи золота в России и в регионах Сибири и Дальнего Востока [2].

Согласно модели график изменения годовых объемов добычи имеет колоколообразную форму.

Общий объем добытых запасов как функция времени $P(t)$ описывается уравнением



$$P(t) = \frac{SP_0 e^{rt}}{S + P_0(e^{rt} - 1)}, \quad (1)$$

где S – суммарные обрабатываемые запасы; P_0 – объем накопленной добычи в момент времени t_0 ; r – параметр, характеризующий скорость роста добычи.

Годовой объем добычи – это скорость изменения накопленной добычи, производная от $P(t)$ по t :

$$P'(t) = \frac{dP(t)}{dt} = \frac{SP_0 r e^{rt} (S - P_0)}{(S + P_0(e^{rt} - 1))^2} = P(t) \frac{r(S - P_0)}{S + P_0(e^{rt} - 1)}. \quad (2)$$

Функция (2) описывает в виде S -образной кривой изменение объемов накопленной добычи, сопровождающееся изменением скорости роста. Логистическая кривая (1) отражает кумулятивные (накопленные) объемы добычи к моменту времени t . По мере освоения сырьевой базы и кумулятивного накопления извлекаемых объемов логистическая кривая приближается к моменту насыщения, что соответствует полному исчерпанию запасов. Конечно, такая траектория развития объемов накопленной добычи отражает лишь направление, вектор, логику развития процесса. В действительности увеличение запасов в процессе геологоразведки позволит отодвинуть момент насыщения, сдвинет верхний предел (S) логистической кривой.

График изменения годовых объемов добычи во времени (2) имеет колоколообразную форму. Максимум можно определить, приравняв к нулю вторую производную. Пик (max) годовых объемов добычи достигается в год t_{\max} :

$$t_{\max} = \frac{1}{r} \ln \frac{S - P_0}{P_0}. \quad (3)$$

Параметр r не зависит от времени и целиком определяет положение пика годовой добычи на графике добыча – время (см. рис. 1):

$$P'_{\max}(t_{\max}) = \frac{Sr}{4}; t_{\max} = \frac{1}{r} \ln \frac{P_0 - S}{-P_0}. \quad (4)$$

От параметра r зависит срок отработки запасов

$$T = \frac{1}{r} \ln \left[\frac{1}{P_0} \left(\frac{S^2 + SP_0}{\Delta} - S + P_0 \right) \right], \quad (5)$$

где T – срок, в течение которого запасы S будут отработаны более чем на 95 %; $\Delta = 0,05S$.

Как видно из формулы (5), срок отработки обратно пропорционален параметру r . Чем больше r , тем выше максимальная добыча, тем быстрее она достигается и тем больше сокращается срок разработки запасов T . Применительно к сырьевой базе, представленной фиксированным числом месторождений с фиксированными запасами: чем быстрее будут введены в разработку месторождения, тем выше будет пик (за счет того, что перекроются во

времени сроки их разработки) и короче срок отработки суммарных запасов.

Суммарные обрабатываемые запасы включают в себя уже добытые запасы $P(t)$ плюс разведанные геологические запасы $S_g(t)$ на начало прогнозного периода:

$$S = S_g(t) + P(t). \quad (6)$$

Для того чтобы компенсировать выбывающие в прогнозируемом периоде запасы и обеспечить рост годовой мощности, в предыдущем периоде должны быть разведаны запасы соответствующего объема. Этот объем геологических запасов может быть определен из уравнения

$$S_g(t) = P'(t_0)(1 + \alpha)^t N, \quad (7)$$

где $P'(t_0)$ – фактические значения годовых объемов добычи на начало прогнозного периода; α – темп прироста годовых объемов добычи; N – обеспеченность запасами, лет; t – текущий год прогнозного периода.

С помощью следующего уравнения можно определить максимальный темп роста (a) годовых объемов добычи с начальным значением $P'(t_0)$ при известной величине геологических запасов и заданной обеспеченности запасами N :

$$a = \left[\frac{S_g(t)}{P'(t_0)N} \right]^{1/t} - 1. \quad (8)$$

Отношение объемов геологических запасов к накопленной добыче $P(t)$ представляет собой коэффициент компенсации накопленной добычи $K_k(t)$, который может в этом случае определяться из выражения

$$K_k(t) = \frac{P'(t_0)(1 + \alpha)^t N}{P(t)} = \frac{P'(t_0)(1 + \alpha)^t N}{\sum_{t=1}^T P'(t) + P_0}. \quad (9)$$

Таким образом, используя формулы (1–9), можно определять, например, необходимый темп ввода запасов в освоение, сроки достижения максимальных объемов добычи золота, уровень воспроизводства запасов, обеспечивающий рост добываемых объемов с заданным темпом при необходимой обеспеченности запасами, и другие параметры, характеризующие различные сценарии развития золотодобывающей отрасли.

Обсуждение результатов

Рассмотрим сырьевую базу золота России. За начало прогнозного периода принят 2015 г. Данные о количестве фактически добытого золота за годы, предшествующие прогнозируемому периоду, и суммарных разведанных запасов взяты из государственного доклада «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации». Используются фактические данные по РФ с 1991 по 2015 г.

За 1991–2014 гг. в РФ добыто 4042 т золота. На 1.01.2015 государственным балансом учитываются

запасы категорий А, В, С₁ 8006 т, прогнозные ресурсы Р₁ 5237 т. Динамика добычи золота с 2004 по 2015 г. с достаточно высокой точностью ($R^2 = 0,913$) описывается моделью

$$P'(t) = \frac{48708157e^{0,107t}}{(12049 + 4042(e^{0,107t} - 1))^2},$$

где t – время в годах от начала прогнозного периода (2016 г.).

В соответствии с моделью (2) рост объемов добычи золота, начиная с текущего (2015 г.) 287 т в год, при неизменных запасах возможен примерно до 2022 г. Максимальный уровень добычи при этом составит 322 т. Чтобы обеспечить непрерывный рост добываемых объемов и после 2022 г. с темпом роста 1 % в год, сохранив при этом уровень обеспеченности запасами 20 лет, необходимо, чтобы в течение 10 лет прирост запасов составил не менее 533 т. Коэффициент компенсации при этом должен превышать единицу в течение не менее 8 лет, а в дальнейшем должен поддерживаться на уровне 0,9–0,7.

Правительством РФ была утверждена «Стратегия развития геологической отрасли России до 2030 г.» (далее – Стратегия), согласно которой необходимо обеспечить воспроизводство запасов золота следующими темпами: к 2015 г. – до 210 т, к 2020 г. – до 220 т и 2030 г. – до 250 т.

При сравнении полученных в результате моделирования объемов прироста запасов с аналогичными данными, заложенным в Стратегии, следует отметить, что предусмотренный уровень воспроизводства запасов несколько выше и позволит поддерживать рост объемов добычи золота в течение 10 лет, сохраняя при этом более высокую обеспеченность запасами (от 27 лет в начале прогноза до 20 лет к 2030 г.).

Если предположить, что достигнутые к настоящему времени темпы роста добычи золота (3 % в год) сохранятся и в будущем, то к 2022 г. в России будет добываться 350 т золота. Темпы воспроизводства запасов, предусмотренные Стратегией, позволят поддерживать такой рост только до 2020 г., не снижая при этом уровня обеспеченности запасами (26–27 лет). Далее, чтобы сохранить указанный темп роста и уровень обеспеченности запасами, потребуется прирост запасов больший, чем это предусмотрено в Стратегии.

В целом результаты моделирования показали, что темпы прироста запасов, заложенные в Стратегии, позволят поддерживать рост добываемых объемов золота, сохраняя при этом обеспеченность запасами на приемлемом уровне. Однако уже в 2015 г. объемы фактически разведанных запасов были меньше запланированных примерно на 160 т. Учитывая снижающуюся эффективность и уменьшение финансирования ГРП, отмечаемые в последнее время, можно полагать, что отклонение от запланированных объемов прироста запасов со временем будет нарастать.

Для рассмотренного варианта роста годовых объемов добычи золота в России были рассчитаны коэффициенты компенсации накопленной добычи. Уровень обеспеченности запасами при применении экспресс-метода был принят 20 лет.

На рис. 2 показан график изменения коэффициента компенсации во времени, из которого видно, что в последние 5–7 лет фактический коэффициент компенсации снизился почти в 2 раза. Это говорит о том, что накопленная добыча растет быстрее, чем геологические запасы. Как показали расчеты по экспресс-методу, чтобы годовая добыча с начальным значением 287 т в год (фактическое значение на 2015 г.) росла в течение 15 лет при обеспеченности запасами 20 лет, необходимо, чтобы коэффициент компенсации превышал 1 в течение 10 лет. Чтобы достичь показателей, предусмотренных в Стратегии, в ближайшие 10 лет необходимо поддерживать более высокие значения коэффициента компенсации накопленной добычи и обеспеченности запасами.

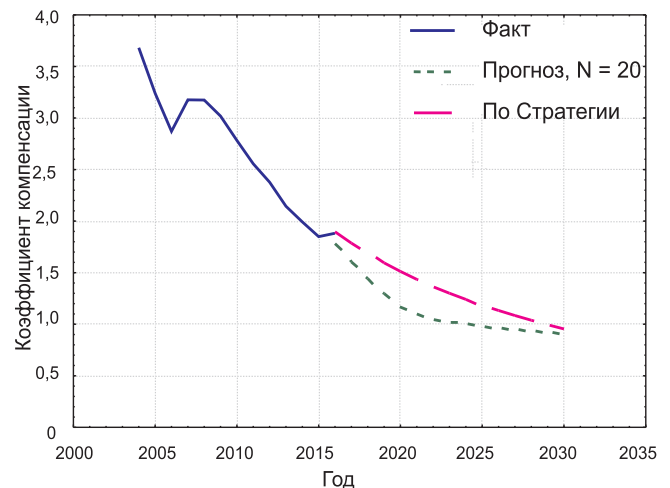


Рис. 2. Коэффициент компенсации накопленной добычи открываемыми запасами, обеспечивающий рост мощности с темпом 1,03 в год, по экспресс-методу ($N = 20$) и по Стратегии ($N = 20-27$)

Необходимо отметить, что приведенные результаты были получены в рамках указанных допущений о приемлемом уровне обеспеченности запасами и сроках непрерывного наращивания объемов добычи золота с заданным темпом роста. В действительности же кривая динамики добываемых объемов золота не имеет монотонно возрастающего характера. Однако важно понимать причины снижения объемов добычи. Производство золота, как и любого другого товара, подчиняется общим законам конъюнктуры и циклического развития. Добываемые объемы растут при увеличении рентабельности освоения месторождений. Происходит это, как правило, за счет вовлечения в разработку менее доступных запасов. В то же время уровень добычи золота может существенно снижаться при неблагоприятной рыночной конъюнктуре даже при высоком уровне обеспеченности запасами. Но такое снижение является стимулом для создания



и внедрения новых технологий, позволяющих снизить затраты на извлечение и переработку минерального сырья и в конечном итоге – к дальнейшему росту добываемых объемов. Другое дело, если падение объемов добычи вызвано дефицитом разведанных запасов. Это снижает стоимость золотодобывающих предприятий и может привести к их закрытию, ухудшает социально-экономическую обстановку в регионах. Поэтому такая ситуация крайне нежелательна.

Очевидно, что разработка долгосрочных прогнозов развития минерально-сырьевого комплекса достаточно трудоемка. Предлагаемый метод с использованием логистических зависимостей позволяет существенно ускорить этот процесс.

Выводы

1. Для описания динамики добычи золота в России предложена логистическая модель, связывающая объемы накопленной добычи с размером извлекаемых запасов и темпом роста накопленной добычи. В качестве исходных данных использовались сведения о размерах запасов золота, учитываемых Государственным балансом запасов полезных ископаемых РФ, а также о фактических объемах добычи золота в периоды, предшествующие началу прогнозного.

2. С использованием логистической модели выполнено исследование необходимых темпов воспроизводства запасов. При этом учитывалось современное состояние российской МСБ золота и прогнозных уровней объемов добычи.

Результаты моделирования показали, что разведанные к настоящему времени запасы обеспечат эксплуатацию сырьевой базы с сохранением достигнутых темпов роста годовой мощности (3 % в год) в течение примерно 6 лет. Далее, если не произойдет существенного увеличения запасов, начнется снижение годовых объемов добычи золота.

Установлено, что для сохранения достигнутых темпов роста объемов добычи золота на протяжении 15 лет и поддержания обеспеченности запасами на уровне не менее 20 лет необходимо, чтобы коэффициент компенсации в течение 10 лет превышал 1.

3. Полученные в результате моделирования оценки коэффициентов компенсации накопленной добычи открываемыми запасами сопоставлены с необходимыми темпами воспроизводства запасов золота, определенными в «Стратегии развития геологической отрасли России до 2030 г.». Установлено, что предусмотренные ею объемы прироста запасов позволят поддерживать долгосрочный рост объемов добычи золота при заданной обеспеченности запасами, если темпы роста

не превышают 1 % в год. При необходимости обеспечения более высоких темпов роста добываемых объемов недостаточно темпов МСБ, запланированных в Стратегии.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 17–06–00058.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Беневольский Б. И.** Эффективность использования распределенного фонда недр и обеспеченность его воспроизводства прогнозируемыми ресурсами золота // Руды и металлы. – 2000. – № 5. – С. 5–9.

2. **Мацко Н. А., Харитонов М. Ю.** Прогнозирование объемов добычи золота в России // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2016. – № 4(28). – С. 87–92.

3. **Михайлов Б. К., Беневольский Б. И., Вартанян С. С.** Основные задачи и направления воспроизводства минерально-сырьевой базы золота в России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2006. – № 3. – С. 40–45.

4. **Орлов В. П.** Геологическое изучение недр: инерция или модернизация // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2012. – № 6. – С. 6–9.

5. **Проблемы** минерально-сырьевой базы золота России / Б. К. Михайлов, А. И. Иванов, С. С. Вартанян, Б. И. Беневольский // Руды и металлы. – 2015. – № 1. – С. 93–99.

REFERENCES

1. Benevol'skiy B.I. [Efficiency of the use of a distributed subsoil fund and ensuring its replacement by the predicted gold resources]. *Rudy i metally*, 2000, no. 5, pp. 5–9. (In Russ.).

2. Matsko N.A., Kharitonova M. Yu. [Forecasting gold production in Russia]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri – Geology and mineral resources of Siberia*, 2016, no. 4(28), pp. 87–92. (In Russ.).

3. Mikhaylov B.K., Benevol'skiy B.I., Vartanyan S.S. [Main tasks and directions of replacement of the mineral resource base of gold in Russia]. *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie – Mineral Resources of Russia. Economics and Management*, 2006, no. 3, pp. 40–45. (In Russ.).

4. Orlov V.P. [Geological study of subsoil: inertia or modernization]. *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie – Mineral Resources of Russia. Economics and Management*, 2012, no. 6, pp. 6–9. (In Russ.).

5. Mikhaylov B. K., Ivanov A.I., Vartanyan S.S., Benevol'skiy B.I. [Problems of the mineral resource base of gold in Russia]. *Rudy i metally*, 2015, no. 1, pp. 93–99. (In Russ.).

© М. Ю. Харитонов, Н. А. Мацко, 2018



УДК 551.243.8:551.41

ПРОБЛЕМА СТАБИЛЬНОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ КОНТИНЕНТОВ ИЛИ ИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПО ПЛАНЕТЕ ЗЕМЛЯ

В. С. Старосельцев

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

Проанализированы геолого-геофизические характеристики севера Евразийского континента и прилегающих территорий Северного Ледовитого океана. Обосновано их взаимное сходство. Особое внимание уделено региональным линейным зонам типа хребта Гаккеля на шельфе и Верхоянского хребта на суше. Объяснена природа встречных направлений на оба современных магнитных полюса в смежных слоях разреза. Обоснован вывод об исторической стабильности положения континентов на земной поверхности.

Ключевые слова: трансрегиональные линеаменты, стабильность положения геологических объектов, предпосылки обнаружения месторождений.

PROBLEM OF THE CONTINENTS LOCATION STABILITY OR THEIR MOVEMENT THROUGH THE EARTH PLANET

V. S. Staroseltsev

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

Geological and geophysical characteristics of the northern Eurasian continent and adjacent territories of the Arctic Ocean have been analyzed. Their mutual similarity has been substantiated. Special attention is paid to regional linear zones such as the Gakkel Ridge on shelf and the Verkhoysk Range on land. The nature of the opposing directions to both modern magnetic poles in contiguous layers of the section has been explained. The conclusion of the historical stability of the continents location on the earth surface has been substantiated.

Keywords: trans-regional lineaments, location stability of geologic features, prerequisites of deposits discovery.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-3-86-91

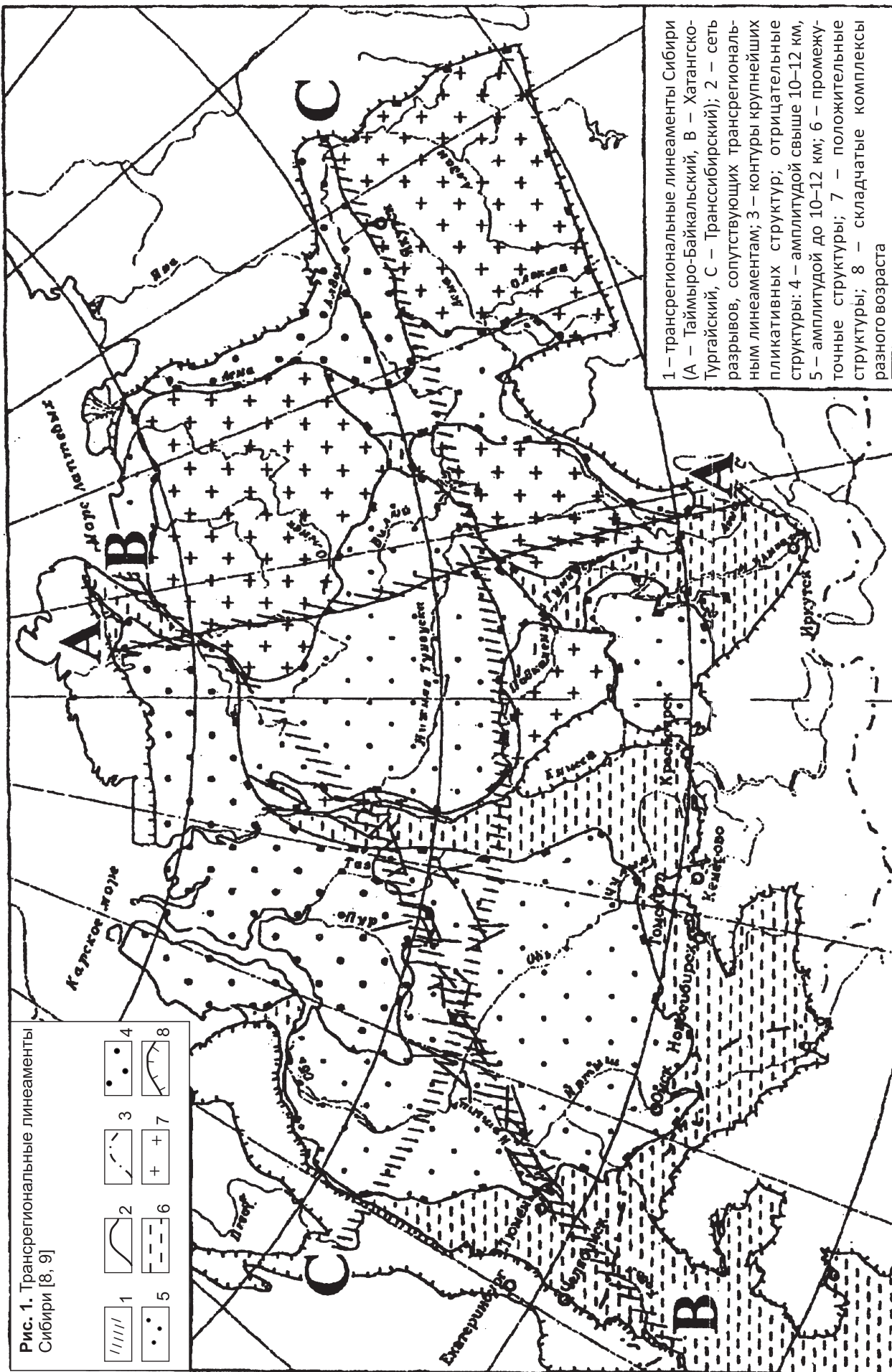
Опубликованные в последние годы работы А. М. Жирнова [4, 5] еще раз поставили под большое сомнение вопрос о плавании континентальных плит по поверхности нашей планеты. От его правильного решения во многом зависит успех прогноза размещения месторождений полезных ископаемых, особенно подвижных в земной коре углеводородов и других флюидов.

Впервые на стабильное положение континентов на нашей планете указал в 1909 г. крупнейший в истории геологических наук исследователь Э. Зюсс. В 1957 г. В. В. Брок [12] на материалах по Южной Африке выделил трансрегиональные линеаменты и проанализировал их стабильное положение на континентах в течение длительного времени. Особый интерес для Восточной Сибири представляет выделенный В. В. Броком Таймыро-Малазийский трансрегиональный линеамент, который пересекает Восточную Сибирь практически вдоль 105° меридиана и простирается в виде цепочки магнитных аномалий в архейском фундаменте Сибирской платформы. Позднее он периодически выражен в заложении и формировании Ангаро-Котуйского рифтогенного прогиба [9] в рифейское время, проявлении субмеридионального разрыва в позднепалеозойское и раннетриасовое время, внедрении крупного ультраосновного Гупинского массива в раннетриасовое время с богатым сульфидным и флогопитово-фосфатным ору-

денением, активным дизъюнктивным нарушением южного окончания оз. Байкал.

Кроме Таймыро-Малазийского трансрегионального линеамента Сибирскую платформу и Западно-Сибирскую плиту пересекают еще два трансрегиональных линеамента (рис. 1) [7–9]. Первый субширотный протягивается от отщепления Пайхойского складчатого сооружения от Урала через Сибирские увалы (внутренняя область Западно-Сибирской плиты), ограничения с севера складчатых сооружений Енисейского кряжа (южнее борта Курейской и Вилюйской синеклиз), разграничение юрско-меловой Верхоянской складчатой системы и палеозойских складок Сетте-Дабана. Второй, проходящий в северо-восточном направлении через Западно-Сибирскую плиту, северо-западный угол Сибирской платформы и Хатангский залив, – диагональный Тургайско-Хатангский [10]. В совокупности эти трансрегиональные линеаменты длительного геологического развития исключают перемещения региональных блоков Сибири в южное полушарие и обратно, как считают сторонники плитной тектоники. Кроме того, такая тектоническая ситуация не противоречит представлениям А. М. Жирнова о существовании единого суперконтинента на поверхности планеты.

Некоторые разночтения могут возникать при соединении Евразийского материка с Северо-Американским через обширный Арктический океан



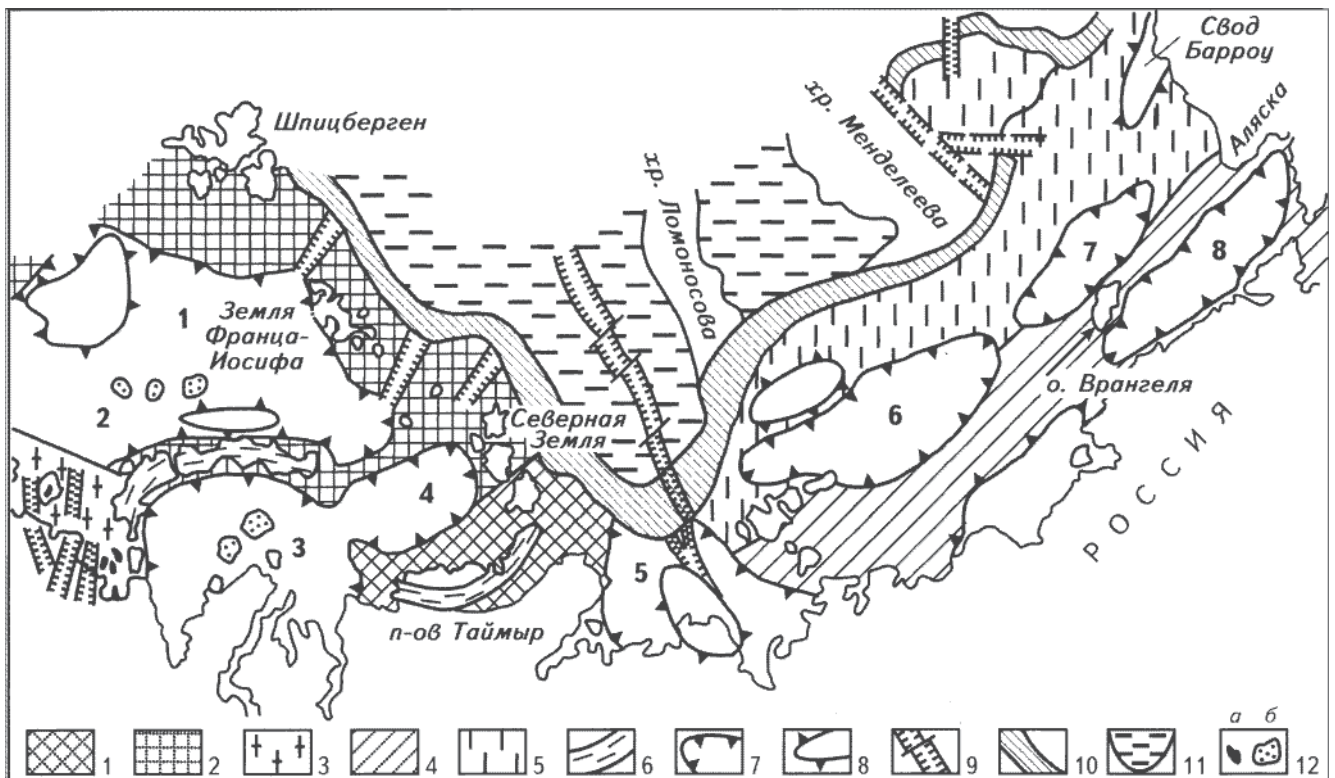


Рис. 2. Обзорная карта осадочных бассейнов на российском шельфе Арктики [6]

1 – Таймырский блок; 2 – Баренцево-Карская платформа; 3 – Печорская плита; 4 – район мезозойских блоков, активизированных в мезозое; 5 – область раздробленности Гиперборейской платформы; 6 – зоны раннекембрийской активизации; 7 – крупные впадины – осадочные бассейны (1 – Северо-Баренцевская, 2 – Южно-Баренцевская, 3 – Южно-Карская, 4 – Северо-Карская, 5 – Лаптевоморская, 6 – Восточно-Сибирская, 7 – Северо-Чукотская, 8 – Южно-Чукотская); 8 – крупные поднятия; 9 – рифтовые зоны; 10 – континентальный склон; 11 – глубоководные котловины; 12 – месторождения в акватории: а – нефти, б – газа

нический бассейн. Имеющиеся в отечественной литературе сведения об особенностях геологического строения шельфа южной части Арктического бассейна в целом позволяет проследить продолжение закартированных на побережье геологических структур, в том числе и имеющих платформенное строение с пологозалегающими палеозойско-мезозойскими отложениями (рис. 2, 3).

Вместе с тем встречаются структурные элементы, сходные со срединно-океаническими хребтами. Наиболее ярким примером может служить хребет Гаккеля (рис. 4), расположенный севернее моря Лаптевых и подсекаемый продолжением Тургайско-Хатангского трансрегионального линеамента. Рассматривая природу этого хребта, необходимо учитывать, что южнее трассы линеамента на продолжении хребта Гаккеля на материке на большом расстоянии развит сложнопостроенный Верхоянский хребет мезозойской складчатости. В южной части он изгибается и приобретает субширотное направление, отвечающее трассе упомянутого субширотного линеамента. Южнее субширотного продолжения Верхоянского складчатого хребта и продолжения широтного трансрегионального линеамента Сибири на юг продолжают складчатые структуры Сетте-Дабана, сформированные в палео-

зою над юго-восточным продолжением Сибирской платформы [10].

Характеристика пространственных взаимоотношений хребтов Гаккеля, Верхоянского и Сетте-Дабана свидетельствует, скорее всего, об их пространственной и генетической связи. Это позволяет считать возможным продолжение Евро-Азиатского континента на южную часть Северного Ледовитого океана. Такой вывод полностью согласуется с материалами, приведенными на рис. 2, 3. Региональные тектонические и палеомагнитные признаки стабильного положения континентов на поверхности Земли были представлены в демонстрационном докладе на XXXIV Международном геологическом конгрессе в 2012 г. в Австралии и опубликованы в 2017 г. [11]. В приведенных в докладе материалах особое место занимает ссылка на публикацию А. Р. Кроуфорда (1982), который, используя высокоточные определения положений магнитных полюсов Земли в образцах пород из Канады, Африки и Австралии, имеющих далеко не современный абсолютный возраст в 2300 млн лет, сделал вывод о совпадении их древнего и современного положения на поверхности планеты. Этот вывод подтвержден в 1990-е гг. В. Ф. Белым и В. П. Похилайненом [1], А. В. Дулиным [3], А. М. Жирновым [4] и Б. А. Блюманом [2].

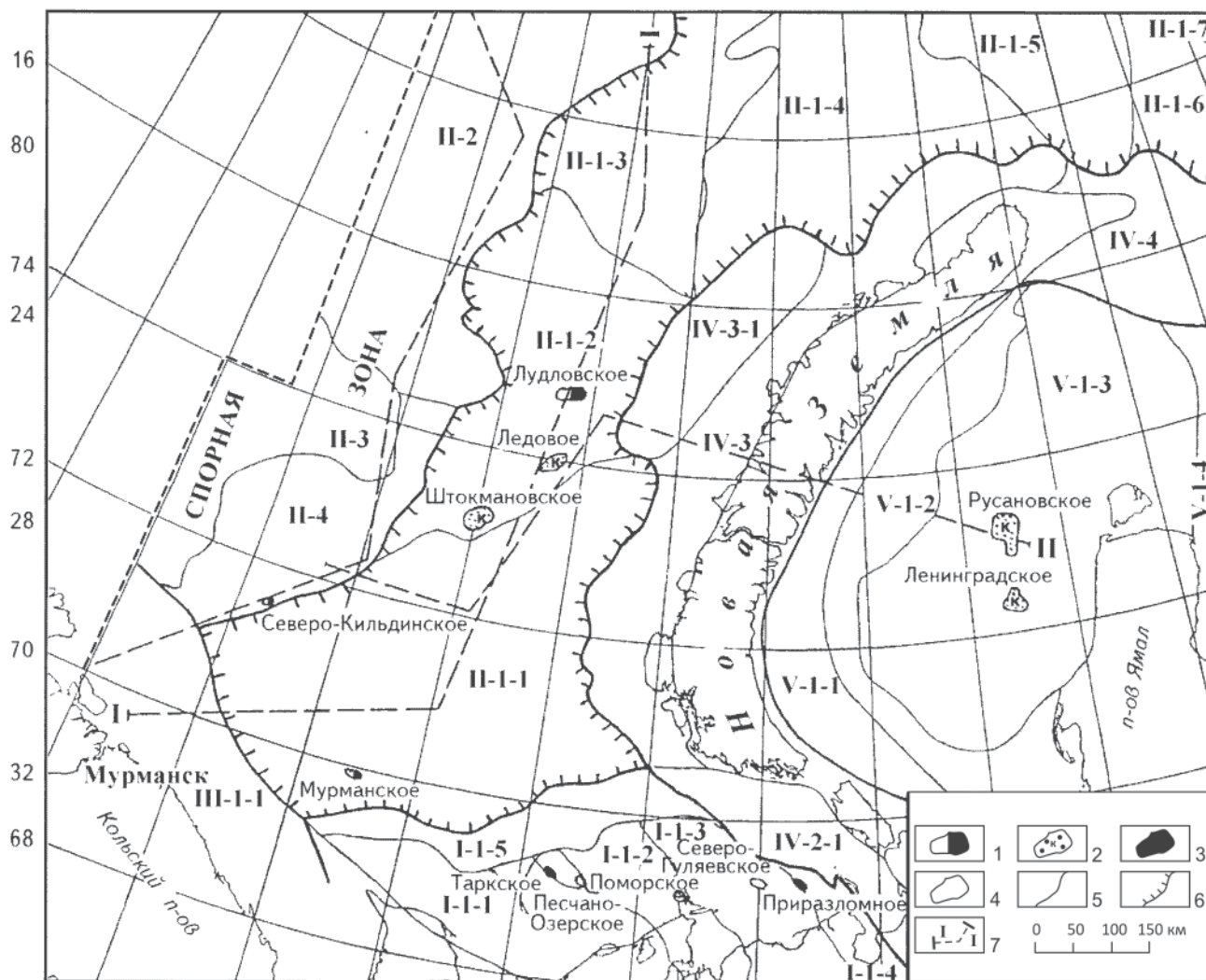


Рис. 3. Тектоническая схема шельфа Западной Арктики (по Е. В. Захарову) [6]

Месторождения: 1 – газовые, 2 – газоконденсатные, 3 – нефтяные, 4 – нефтегазовые; границы: 5 – тектонических элементов, 6 – Восточно-Баренцевского мегапрогиба; 7 – сейсмогеологические профили

Элементы тектонического районирования. Печорская плита, Печорская синеклиза: I-1-2 – Печоро-Колвинский мегавал, I-1-3 – Хорейверская впадина, I-1-4 – Варандей-Адзввинская структурная зона, I-1-5 – Северо-Печорская моноклираль; Баренцевская шельфовая плита, Восточно-Баренцевский мегапрогиб: II-1-1 – Южно-Баренцевская впадина, II-1-2 – Штокмановско-Лунинский порог, II-1-3 – Северо-Баренцевская впадина, II-1-4 – Альбановско-Горбовский порог, II-1-5 – впадина Святой Анны, II-1-6 – Центрально-Карский порог, II-1-7 – Северо-Карская впадина; II-2 – Свальбардская антеклиза; II-3 – Нордкапский прогиб; II-4 – Финмаркенская (Центральная) структурная зона; Русская платформа: Балтийская антеклиза: III-1-1 – Кольская моноклираль; Новоземельско-Уральская складчатая система, Предуральский краевой прогиб: IV-2-1 Кортаихинская впадина; IV-3 – Адмиралтейско-Приновоземельная структурная область, IV-3-1 – Адмиралтейский мегавал; IV-4 – Северо-Сибирский порог. Западно-Сибирская плита, Южно-Карская синеклиза: V-1-1 – Вайгач-Новоземельская моноклираль, V-1-2 – Западно-Карская терраса, V-1-3 – Южно-Карская впадина, V-1-4 – Восточно-Карская терраса

Особняком стоят также базирующиеся на замерах компасом инверсии магнитных полюсов в смежных пластах изучаемых разрезов. В публикации автора [10] было наглядно показано, что в таких пластах может наблюдаться полная инверсия магнитных полюсов за счет их большего взаимовлияния по сравнению со значительно удаленным современным магнитным полюсом.

Важной характеристикой Хатангско-Тургайского трансрегионального линеамента является его тектоническая активизация в посттрапповое (постраннетриасовое) время. В виде ступенчатой

флексур северо-восточной ориентировки она фиксируется в части линеамента на северо-востоке Тунгусской синеклизы (нижнее течение р. Хиббарба) в залегании раннетриасовых базальтовых покровов. Параллельно этой зоне в подстилающих туфогенных породах наблюдается линейная антиклинальная складка с наклоном крыльев до 80–85°. Такие признаки явно подчеркивают существенную роль посттрапповой активизации Хатангско-Тургайского трансрегионального линеамента в типично платформенных условиях на Евразийском континенте.



Рис. 4. Расположение хребтов Гаккеля и Верхоянского на космоснимке

Таким образом, совокупность имеющихся геолого-геофизических материалов позволяет в целом поддерживать концепцию о преобладании стабильности расположения континентов на поверхности Земли, хотя это и не согласуется с господствующими в настоящее время постулатами плитной тектоники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белый В. Ф., Похиалайнен В. П. Северо-Восток СССР – кладбище плит и террейнов или плито-тектонических гипотез? // Бюл. МОИП. Отд. геол. – 1990. – Т. 65, вып. 2. – С. 96–103.
2. Блюман Б. А. Данные глубоководного бурения и тектоника плит // Геологическая история, возможные механизмы и проблемы формирования впадин с субокеанической аномальной корой в провинциях с континентальной литосферой: матер. 45-го Тектон. совещ. – М.: ГЕОС, 2013. – С. 26–29.
3. Дулин А. В. Механизм развития Земли. – Смоленск: Универсум, 2004. – 128 с.
4. Жирнов А. М. Мифы мобилизма и реальная тектоника // Отечественная геология. – 2011. – № 2. – С. 87–94.
5. Жирнов А. М. Северный трехлучевой мегаконтинент Земли: новые данные // Отечественная геология. – 2015. – № 4. – С. 79–84.
6. Приоритетные направления поисков крупных и уникальных месторождений нефти и газа: матер. докл. участников Рос. конф. – М.: Геоинформмарк, 2004. – 224 с.
7. Старосельцев В. С. Актуальные проблемы тектоники нефтегазоперспективных регионов. – Новосибирск: Наука, 2008. – 212 с.
8. Старосельцев В. С. Геолого-геофизические предпосылки юго-восточного продолжения Сибир-

ской платформы // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2015. – № 4 (24). – С. 3–10.

9. Старосельцев В. С. Регионально-тектонические и палеомагнитные признаки стабильного положения континентов на поверхности Земли // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2017. – № 2 (30). – С. 127–131.

10. Старосельцев В. С. Трансрегиональные геологические реперы Сибири // Геологическая среда и сейсмический процесс: матер. Всерос. межрегион. конф. – Иркутск, 1997. – С. 42–44.

11. Старосельцев В. С., Лебедев В. М. О перикратонном опускании северо-запада Сибирской платформы // Материалы по региональной геологии Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1967. – С. 88–92. – (Тр. СНИИГГиМС; вып. 57).

12. Brock V. V. World Patterns and Lineaments // Transactions of the Geological Society of South Africa. – 1957. – Vol. 60. – P. 127–175.

REFERENCES

1. Bely V.F., Pokhialaynen V.P. [Is the north-east of the USSR a burying-ground of plates and terrains or plate-tectonic hypotheses?]. *Byulleten' MOIP. Otdel. geol.*, 1990, vol. 65, issue 2, pp. 96–103. (In Russ.).
2. Blueman B.A. [Data on deep water drilling and plate tectonics]. *Mater. 45-go Tekton. sovesch. "Geologicheskaya istoriya, vozmozhnye mekhanizmy i problem formirovaniya vpadin s subokeanicheskoy anomal'noy koroy v provintsiyakh s kontinental'noy litosferoy* [Proc. 45th Tect. Conf. "Geological history, possible mechanisms and formation of depressions with suboceanic anomalous crust in provinces with continental lithosphere]. Moscow, Geos Publ., 2013, pp. 26–29. (In Russ.).
3. Dulin A.V. *Mekhanizm razvitiya Zemli* [Mechanism of the Earth development]. Smolensk, Universum Publ., 2004. 128 p. (In Russ.).



4. Zhirnov A.M. [Mobilism myths and real tectonics]. *Otechestvennaya geologiya*, 2011, no. 2, pp. 87–94. (In Russ.).

5. Zhirnov A.M. [Northern triradiate megacontinent of the Earth: new data]. *Otechestvennaya geologiya*, 2015, no. 4, pp. 79–84. (In Russ.).

6. *Materialy dokladov uchastnikov Rossiyskoi konferentsii "Prioritetnye napravleniya poiskov krupnykh i unikal'nykh mestorozhdeniy nefiti i gaza"* [Proc. of the Russian conf. participants "Priority search directions for large and unique oil-and-gas fields"]. Moscow, Geoinformmark Publ., 2004. 224 p. (In Russ.).

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

8. [Geological-geophysical conditions of the south-eastern extension of the Siberian Platform]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri – Geology and Mineral Resources of Siberia*, 2015, no. 4(24), pp. 3–10. (In Russ.).

9. Staroseltsev V.S. Regional tectonic and paleomagnetic arguments of the stable position of continents at the Earth's surface. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri – Geology and Mineral Resources of Siberia*, 2017, no. 2 (30), pp. 127–131. (In Russ.).

10. Staroseltsev V.S. [Transregional geological benchmarks of Siberia]. *Materialy Vseros. mezhregion. konf. "Geologicheskaya sreda i seismicheskiy protsess"* [Proceeding of All-Russian interregional conference "Geological environment and seismic process"]. Irkutsk, 1997, pp. 42–44. (In Russ.).

11. Staroseltsev V.S., Lebedev V.M. [On pericratonic subsidence of the north-western Siberian Platform]. *Materialy po regional'noy geologii Sibiri. Trudy SNIIGGiMS* [Proc. on regional geology of Russia. Proceedings of SNIIGGiMS]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 1967, vol. 57. pp. 88–92. (In Russ.).

12. Brock B.B. World Patterns and Lineaments. *Transactions of the Geological Society of South Africa*, 1957, vol. 60, pp. 127–175.

© В. С. Старосельцев, 2018



К 90-ЛЕТИЮ ВЛАДИМИРА ВАСИЛЬЕВИЧА ЖАБИНА

TO THE 90TH ANNIVERSARY OF VLADIMIR ZHABIN

Владимир Васильевич Жабин является едва ли не старейшим сотрудником СНИИГГиМС, настоящим аксакалом от геологии!

Согласно документам Владимир Васильевич родился 15 сентября 1928 г. в с. Покровка Михайловского района Алтайского края. Отец его – крестьянин Василий Григорьевич, мать – Пелагея Харитоновна Нехорошева. С детства Володя мечтал стать геологом, и он свою мечту осуществил – в 1951 г. окончил Томский Ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт имени С. М. Кирова. Еще два года он обучался в аспирантуре на кафедре общей геологии, которой руководил профессор К. В. Радугин – лауреат Сталинской премии за открытие Усинского месторождения марганца.

Сдав все экзамены кандидатского минимума на отлично, молодой геолог взял творческий отпуск и уехал в Северо-Алтайскую экспедицию ЗСГУ, где работал сначала старшим геологом, а потом начальником партии. За время работы в этой экспедиции В. В. Жабин обосновал необходимость прекращения работ на молибден на Саракокшинском массиве и открыл проявление оптического флюорита.

В 1956 г. он был направлен в Москву на курсы по пьезооптическому сырью, а затем был командирован «Зарубежгеологией» в Китай на два года как специалист по геологической съемке и поискам м-ба 1:200 000. По окончании договора его оставили в КНР еще на год, но уже в качестве советника двух китайских экспедиций. По результатам работ в Китае он был награжден медалью КНР.

В 1959 г. из ЗСГУ В. В. Жабин был откомандирован в СНИИГГиМС, где и трудится до сих пор. Правда, на полевые работы он уже не выезжает, но работает над двумя монографиями – «Железоалюминиевое сырье Сибири» и «Высокоглиноземистые формации Средней Сибири», которые являются обобщением всех его исследований.

Во время работы в СНИИГГиМС В. В. Жабин был начальником партии по изучению бокситоносности докембрийских отложений Сибири, завсектором бокситов, завсектором по прогнозным ресурсам Сибири. Кандидатскую диссертацию он защитил 14 декабря 1973 г., потом получил должность старшего научного сотрудника, а затем и ведущего.

Но не только научные интересы были в сфере внимания В. В. Жабина – он неизменно много времени уделял профсоюзной работе: неоднократно избирался профоргом, председателем профбюро отделения твердых полезных ископаемых, председателем ревизионной комиссии профкома института. И до сих пор он член профкома СНИИГГиМС и председатель комиссии по охране труда и технике безопасности.

В. В. Жабин – натура многогранная и творческая: он заядлый шахматист, пишет душевные стихи (их уже больше ста!) оперативно (в стихах же) откликается на все значимые события и праздники в нашем институте и в стране. В качестве примера приведем одно его стихотворение – «Ода геологам».

Затосковала о геологах Земля –
Они ее теперь не часто навещают.
И это потому, что резко сократила их страна:
Ведь все теперь чиновники решают.

Они считают: им достаточного того,
Что изучила и разведала Советская держава,
Но не учли они лишь одного:
Известное кончается, а на другое нету права.

Ну а Геолог, как и прежде,
лишь идеей одержим
И помнит только то, что жизни путь не долог.
Поэтому спешит, какой уж здесь режим.



Встает он на рассвете, а в голове – уж план:
Куда пойти, что взять и что разведать.
Так много мест и много верст,
но нужно и на стан,
Где можно хоть вздремнуть и пообедать.

А утром – снова в путь!
И так всю жизнь, пока шагают ноги.
Его мечты – поглубже в землю заглянуть
И отыскать туда дороги.

И труд его страна достойно оценила
И одарила Днем геолога
за все великие дела:
Страна несметные богатства получила,
За что достойнейшим вручила ордена.

Хоть нынче не в почете брат-геолог,
Но мы, геологи, днем этим дорожим.
Ведь он скрепляет всех, душой еще кто молод
И геологией, как верой, одержим!

За свою многогранную и плодотворную деятельность Владимир Васильевич неоднократно получал благодарности, грамоты, его фото заносилось на Доску почета института, он награжден почетной грамотой Федерации профсоюзов, ему присвоены звания «Отличник разведки недр» и «Почетный разведчик недр».

Коллеги-геологи желают Владимиру Васильевичу крепкого здоровья, творческого долголетия, ждут скорейшего выхода монографий и, конечно, новых стихов на злободневные темы!

Однокашники по ТПУ
Ю. И. Лоскутов, д. геогр. н.,
Г. Н. Черкасов, д. г.-м. н.

Руководство СНИИГГиМС и редакция журнала присоединяются к многочисленным поздравлениям в адрес юбиляра – не только нашего активного автора, но и постоянного эксперта по вопросам геологии твердых полезных ископаемых Сибири.



К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ВЛАДИМИРА ЕВГЕНЬЕВИЧА САВИЦКОГО

TO THE 90TH ANNIVERSARY OF VLADIMIR SAVITSKIY

Владимир Евгеньевич Савицкий – выдающийся сибирский геолог

8 июля 2018 г. исполняется 90 лет со дня рождения выдающегося сибирского геолога, доктора геолого-минералогических наук Владимира Евгеньевича Савицкого. Он родился в одном из сел Ставропольского края и там окончил школу, затем учился геологии в Ленинградском государственном университете и всю свою, увы, недолгую геологическую жизнь работал в институтах Министерства геологии СССР – 11 лет в НИИГА и 20 лет в СНИИГГиМС, изучая главным образом проблемы геологии древних толщ Сибирской платформы. Мы познакомились с ним в начале шестидесятых годов, вскоре после его перехода на работу в СНИИГГиМС и дружили до последнего часа его жизни. С 1964–1965 гг. мы работали вместе по ряду направлений исследований геологии Сибирской платформы. Инициатором исследований был Владимир Евгеньевич.

Это было время, когда крупномасштабные исследования нефтегазоносности Сибирской платформы только начинались и в качестве первоочередных объектов (в силу геологической доступности и возможности сейсмогеологического изучения) на первый план выдвигались отложения рифея, венда и соленосного кембрия центральных и южных районов региона. В геологии Сибирской платформы В. Е. Савицкого эти районы интересовали меньше.

В это время Владимир Евгеньевич организовал новое научное направление по комплексному изучению стратиграфии, палеонтологии, литологии и геохимии, направленному на реконструкцию истории геологического развития морских кембрийских бассейнов осадконакопления Восточной Сибири в связи с проблемами их стратиграфии и перспективами их нефтегазоносности за пределами лагунно-солеродной зоны. При этом, естественно, возникал вопрос о геологической природе границы, отделявшей внутренний кембрийско-солеродный бассейн от бассейна открытого моря Восточной Сибири. Отложения последнего, как было известно со времени работ К.К. Зеленова¹, Н.М. Страхова² и др. были представлены карбонатными и черносланцевыми осадочными толщами, уникально обогащенными планктоно- и бентосогенным органическим веществом. В. Е. Савицкий одним из первых высказал идею (и далее доказал ее многолетними геологическими исследованиями), что солеродный бассейн кембрия Сибирской платформы отделен от бассейна открытого моря системой барьерных рифов. Для середины 1960-х гг. эта идея была новаторской, поскольку многие спе-

¹Зеленов К. К. Литология нижнекембрийских отложений северного склона Алданского массива. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 124 с.

²Страхов Н. М. Основы теории литогенеза. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 550 с.



циалисты тогда были убеждены, что рифостроящие организмы появились позднее.

В процессе разработки этого направления В. Е. Савицкий сформулировал новую для середины XX в. научную фундаментальную проблему региональной стратиграфии – создание стратиграфической основы с учетом взаимосвязи фаций и фауны. Одновременно он и его ученики активно работали над «вечными» для стратиграфии кембрия проблемами границы докембрия и кембрия и ярусного деления кембрийской системы.

Идеи В. Е. Савицкого получили мощную поддержку со стороны крупнейших знатоков стратиграфии позднего докембрия и кембрия Б. С. Соколова и Ф. Г. Гурари.

Для разработки этих проблем Владимиру Евгеньевичу удалось создать прекрасную научную школу из молодых геологов Л. И. Егоровой, В. М. Евтушенко, Ю. Я. Шабанова, Б. Б. Шишкина; позднее, как ближайшего помощника, В.А. Асташкина, а также А. И. Варламова, С. С. Сухова; для решения проблем сейсмостратиграфии был привлечен Н. В. Умперович.

Проблемы, которые решали В. Е. Савицкий и его ученики, были по сути своей мультидисциплинарными. Необходимым звеном в них должны были быть литология, геохимия, в том числе органическая, палеогеография. В те годы я занимался этими проблемами в Западной Сибири, в частности на примере баженовской свиты. В. Е. Савицкий знал и читал эти работы. Видимо, они ему нравились. Во всяком случае, он пригласил меня в свой коллектив в качестве одного из руководителей литолого-геохимического блока исследований. Так мы стали работать вместе. У нас было два общих аспиранта – В. М. Евтушенко и Б. Б. Шишкин. Первые свои представления о палеогеографии нижнего и среднего кембрия мы опубликовали совместно³.

В те же годы по инициативе и под редакцией автора совместно с Т. К. Баженовой, Д. И. Дроботом, В. М. Евтушенко, С. А. Кащенко, К. К. Макаровым, В. Е. Савицким, Ю. Я. Шабановым, Б. Б. Шишкиным и др. было выполнено первое региональное обобщение по органической геохимии кембрия Сибирской платформы, позднее эти исследования были продолжены В. М. Евтушенко, Н. Ф. Ивлевым, А. И. Ларичевым и автором⁴.

³Конторович А. Э., Савицкий В. Е. К палеогеографии Сибирской платформы в раннюю и среднюю кембрийские эпохи // Вопросы литологии и палеогеографии Сибири: тр. СНИИГГиМС; Вып. 106. – Новосибирск, 1970. – С. 95–108; Рассеянное органическое вещество в отложениях кембрия Сибирской платформы / Т. К. Баженова, Д. И. Дробот, В. М. Евтушенко и др. // Геохимия нефтегазоносных толщ кембрия Сибирской платформы. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1972. – С. 4–18.

⁴Кембрий Сибирской платформы (Юдомо-Оленекский тип разреза. Куонамский комплекс отложений) / В. Е. Савицкий, В. М. Евтушенко, Л. И. Егорова и др. – М.:

Обычно научные школы умирают вместе со своими руководителями, но после безвременной кончины В. Е. Савицкого из-за тяжелой болезни прошло более сорока лет, а его научная школа продолжает активно и творчески работать.

Расскажу об еще одной научной идее, навеянной Владимиром Евгеньевичем, которая, как я понимаю, в полной мере начинает работать только сейчас. «Алексей, – сказал он мне однажды, – мне кажется, что, когда твои коллеги-нефтяники и ты выполняете работы по нефтегазогеологическому районированию, вы переоцениваете структурный и тектонический и недооцениваете литолого-фациальный, палеогеографический критерии прогноза нефтегазоносности». Эту идею он никак не прокомментировал, и, как мне показалось тогда, она была такая: «Думай!».

Частично я понял его сразу. Во всяком случае, с середины 1970-х гг. на всех картах перспектив нефтегазоносности Сибирской платформы мы показывали области распространения систем барьерных рифов как возможных зон нефтенакпления.

Меня всегда волновал вопрос о связи нефтегазоносности Сибирской платформы с куонамской свитой и ее фациальными аналогами. Я полагал, что эта свита, подобно баженовской в Западной Сибири, при благоприятных условиях может быть и нефтегазопроизводящей, и нефтегазосодержащей. На это, в частности, было прямо обращено внимание в нашей монографии⁵, а позднее мы выделили вероятные очаги нефтегазообразования, связанные с указанной свитой⁶.

Всегда смущали три момента.

Первый. На Анабарской и Алданской антеклизах катагенез баженовской свиты невелик и в главную зону нефтеобразования она не погружалась. Исключение, быть может, составляет Суханская впадина, где, по мнению В.А. Каширцева, катагенез органического вещества в куонамской свите может быть значителен.

Второй. В восточной части Вилюйской гемисинеклизы катагенез органического вещества, скорее всего, достиг градации апокатагенеза, и кембрий там должен быть в лучшем случае газоносен.

Третий. В Курейской синеклизе негативное влияние на нефтегазоносность кембрия и всего

Недра, 1972. – 198 с.; Закономерности накопления органического вещества на территории Сибирской платформы в докембрии и кембрии / А. Э. Конторович, В. М. Евтушенко, Н. Ф. Ивлев, А. И. Ларичев // Литология и геохимия нефтегазоносных толщ Сибирской платформы. – М.: Наука, 1981. – С. 19–42.

⁵Геология нефти и газа Сибирской платформы / под ред. А. Э. Конторовича, В. С. Суркова, А. А. Трофимука. – М.: Недра, 1981. – 552 с.

⁶Разновозрастные очаги нафтидообразования и нафтидонакопления на Северо-Азиатском кратоне / А. Э. Конторович, С. Ф. Бахтуров, А. К. Башарин и др. // Геология и геофизика. – 1999. – Т. 40, № 11. – С. 1676–1693.



палеозойского разреза могли оказать интрузии траппов.

Так или иначе, все три гипотезы требуют проверки региональными работами. А это означает, что идея В. Е. Савицкого о необходимости учета литолого-фациальных, палеогеографических критериев прогноза нефтегазоносности продолжает работать и их обязательно нужно учитывать при оценке перспектив нефтегазоносности любого региона, в том числе, конечно, Сибирской платформы.

Моя теперешняя цель – проверить эти гипотезы, навеянные мне совместной работой с В. Е. Савицким.

А. Э. Конторович, академик РАН

О Володе Савицком

Владимир Евгеньевич Савицкий прожил всего 52 года, но благодаря таланту и вкладу в познание кембрия вошел в число самых известных в мире специалистов по этому вопросу. Его собеседниками и коллегами были выдающиеся специалисты из разных стран (А. Палмер, Р. Роббисон, К. Нелсон, У. Фритц, Г. А. Шубер, А. Фор-Мюре, Ф. Дебрэнн, П. Юпэ и др.), а также замечательные советские геологи (Ф. Г. Гурари, Н. В. Покровская, Н. Е. Чернышева, Н. П. Суворова, Л. Н. Репина, В. В. Хоментовский, И. Т. Журавлева и др.).

Отмечая его колоссальные заслуги в деле разработки стратиграфии пограничных отложений докембрия и кембрия, я считаю самым основным во Владимире Евгеньевиче его непоколебимое упорство в тщательной привязке всех материалов, что и меня склонило к тому же пути. В военное и послевоенное время геологическая документация, особенно описание разрезов и привязка к ним образцов, в силу разных причин была весьма схематизирована, но упорство Владимира Евгеньевича изменило эту сторону профессиональной деятельности стратиграфов. Яростный спорщик, он одновременно был чрезвычайно благожелательным человеком. Я помню замечательный случай из нашей жизни. После очередного заседания и яростного спора в Институте геологии и геофизики в Академгородке Савицкий, раздраженный, хлопнув дверью, вышел из аудитории и сказал, что больше не желает присутствовать на таких заседаниях. Я был несколько смущен этой ситуацией, однако недооценил благородство Савицкого. После заседания я вышел из аудитории и увидел Владимира Евгеньевича. Он сидел на стуле и ждал меня, поскольку в город мы должны были ехать вместе, так как остановился именно у него, что делал нередко. Обычно, когда мы возвращались вечером домой, то, еще поднимаясь по лестнице, продолжали ругаться и спорить. Но это все заканчивалось на пороге квартиры: его жена, очень известный специалист по трилобитам Лилия Игнатьевна Егорова, предупреждала, что

в дом нас не пустит, если на пороге мы не прекратим споры о работе.

Наше профессиональное взаимоуважение было столь высоко, что незадолго до своей кончины Владимир Евгеньевич именно меня попросил опекать его самых интересных учеников.

Я был не единственным человеком, который обычно спорил с Савицким. Но наше уважение к его деятельности и признание его выдающихся заслуг привело нас к тому, что мы посвятили его памяти книгу «Ярусное расчленение нижнего кембрия» и одно время на заседаниях МСК предлагали верхний ярус нижнего кембрия назвать савицким. Увы, это не было сделано только по формальным причинам.

Владимир Евгеньевич принадлежал к тому замечательному поколению исследователей-стратиграфов и палеонтологов, для которых была характерна удивительная щепетильность в отношении к фактическому материалу, а также предельная открытость в обсуждении результатов работ, часто еще не законченных, но интереснейших по выводам. Спорить с ним было интересно и трудно в силу детального знания им материала и исключительной широты знаний и интересов. Именно поэтому многие его статьи посвящены общим вопросам стратиграфии, и в этой сфере деятельности он также был признанным экспертом.

Созданный им коллектив ученых (А. И. Варламов, Ю. Я. Шабанов, Т. В. Пегель, С. С. Сухов и др.) был костяком специфической и очень профессиональной школы Савицкого.

Владимир Евгеньевич Савицкий прожил очень короткую, но яркую жизнь. Все, что он делал, было от души. Его искреннее отношение к близким, друзьям, коллегам, его полная самоотдача в работе не могут не восхищать даже спустя поколения и навсегда останутся в нашей памяти.

А. Ю. Розанов, академик РАН

Светлый образ великого человека

В моей жизни было немало достойных людей, повлиявших на формирование и становление моей личности. Но оказавших решающее влияние было всего два, и один из них – Владимир Евгеньевич Савицкий.

В 1975 г. после окончания Новосибирского государственного университета в составе полевого отряда я занимался изучением нижнекембрийских отложений в разрезе Ботомы, правого притока Лены. Отрядом руководил опытный и авторитетный геолог – Владимир Андреевич Асташкин, который каждый день устраивал нам «мастер-класс»: как проводить исследование геологических объектов, составлять опорные разрезы, используя приемы и методы геологического картирования.

Наш отряд насчитывал восемь человек, среди которых четверо – ведущие специалисты, зна-



токи кембрийской системы: сам В. А. Асташкин, Ю. Я. Шабанов, Б. Б. Шишкин и жена В. Е. Савицкого Л. И. Егорова. В таком «созвездии» было чему поучиться любому геологу. И я предавался процессу обучения с огромным удовольствием, оставляя «на десерт» вечернюю ловлю ленков на спиннинг.

Но вот прилетел Владимир Евгеньевич в голубом вертолете и сразу стал центром притяжения, и не только потому, что он был заместителем директора и главным по должности, – он был чрезвычайно харизматичной личностью, отлично умел организовывать интересные дискуссии, обладал прекрасным чувством юмора и был искусным рассказчиком. Меня он поразили тем, что в одном из вечерних геологических обсуждений вдруг спросил меня: «А вы как думаете, Алексей Иванович?». Мне тогда было 22 года, по отчеству меня никто не называл, да и мнением моим по геологическим вопросам тоже мало кто интересовался. Честно говоря, в то время меня больше увлекали ленки на перекатах Ботомы да рябчики в окрестных лесах. Я даже не помню, что ответил тогда, но именно тем вопросом Владимир Евгеньевич «запустил» во мне геолога. С тех пор я всегда пытался выстроить общую геологическую картину, а видеть не только непосредственно изучаемые обнажения и разрезы.

Вспоминая его выступления на ученых советах, конференциях и совещаниях, я всегда ловил себя на мысли, что Владимир Евгеньевич был лучшим во всем: говорил хорошо поставленным уверенным голосом, при этом улыбался располагающей доброжелательной улыбкой, солидно и четко аргументировал свои доводы и умозаключения, в меру цитируя авторитетных геологов. Когда я его слушал, меня не покидало желание стать во всем похожим на него.

В. Е. Савицкий так умел построить работу, что вперед продвигались одновременно вопросы региональной геологии (изучались конкретные разрезы, обосновывались новые биостратиграфические подразделения разного ранга) и общие стратиграфические проблемы: принципы построения стратиграфических шкал – и международной, и региональных, принципы корреляции разнофациальных толщ, соотношение единиц общей шкалы – ярусов и зон с региональными (региоярусов и горизонтов) и местными (серии и свиты). Прекрасно понимая субъективизм и условность обоснования биостратиграфических таксонов, таких как ярус и отдел, он пытался найти фундамент для объективного и однозначного их выделения при построении стратиграфических шкал.

В то же время созданный им творческий коллектив безостановочно и в жестком режиме работал над прекрасными монографиями по обоснованию фациостратотипов ярусов нижнего и среднего кембрия.

В. Е. Савицкому принадлежит и право считаться первооткрывателем древнейших кембрийских рифовых систем, описанных впервые по разре-

зу реки Амга, левого притока Алдана. Кстати, уже в 1975–1976 гг. Владимиру Евгеньевичу удалось организовать комплексное изучение кембрийских рифовых систем в связи с высокой перспективой их нефтегазоносности, в этот комплекс входили стратиграфические, палеонтологические, фациальные, геохимические и геофизические методы.

Я думаю, что Владимир Евгеньевич был уже очень близок к написанию гениального труда, такого как «Основы стратиграфических исследований», но болезнь оборвала его жизнь на самом взлете геологической мысли. Работая в большом замечательном отделе стратиграфии и палеонтологии, я думал о том, как здорово и интересно трудиться под руководством такого прекрасного человека, умного, сильного и талантливого руководителя. Странное дело, но после смерти Владимира Евгеньевича я не смог вписаться ни в одну команду, и с 1983 г. уже сам создавал свои маленькие группы, которые потом росли и становились довольно большими.

Прошло уже 37 лет со дня смерти Владимира Евгеньевича, а его светлый образ продолжает согревать души тех многих людей, которые его знали.

**А. И. Варламов, д. г.-м. н.,
заслуженный геолог России**

Памяти Владимира Евгеньевича Савицкого

Девяностолетие выдающегося геолога-стратиграфа, опытного полевика-съемщика Владимира Евгеньевича Савицкого – знаменательное событие для многоопытного научного коллектива СНИИГГиМС. Трудно переоценить его вклад в формирование научного потенциала института. Проводя комплексное палеонтолого-стратиграфическое изучение кембрийских разрезов на всей обширной территории Восточной Сибири, он не только обосновывал и выделял новые стратиграфические горизонты, в том числе немакит-далдынский, до сих пор принципиально важный для решения стратиграфических вопросов перехода между кембрием и вендом. Разработанное В. Е. Савицким обоснование этого горизонта на северо-западе Анабарской антеклизы в качестве базального уровня кембрийской системы оказалось весьма полезным при решении проблемы стратиграфического положения обогащенных битумами глинисто-карбонатных горизонтов куонамской свиты на склонах Анабарской антеклизы и иниканской свиты – на склонах Алданской.

Пространственное положение и стратиграфический уровень этих двух свит имеет принципиальное значение для прогноза нефтегазоносности кембрийских отложений на востоке Сибирской платформы, поскольку они являются основным источником битумов для нефтегазовых скоплений в кембрийских отложениях. Особенно острая дискуссия по этому вопросу возникла после бурения Усть-

Майской параметрической скв. 366. Автору совместно с выдающимся знатоком венд-кембрийских и рифейских разрезов востока Сибирской платформы Б. Б. Шишкиным довелось последовательно, по мере бурения анализировать фотоснимки керна, которые присылали в СНИИГГиМС специалисты «Ярославнедра», бурившие эту скважину. Первоначально у нас с Б. Б. Шишкиным мнение было единым: верхний интервал кембрийских отложений, обогащенный битумами, имеет здесь битуминозность вторичную (по трещинам), а нижний – консидиментационную.

Позднее привезенный керн был разложен в кернохранилище СНИИГГиМС. Т. А. Дивина, тщательно изучавшая керн куонамской свиты из Чириндинской скв. 271, при осмотре этих новых поступлений уверенно подтвердила, что именно нижний битуминозный интервал в Усть-Майской скв. 366 сходен с куонамской свитой в Чириндинской скв. 271. Однако опытный геохимик Т. К. Баженова (ВНИГРИ) при исследовании керна Усть-Майской скв. 366 к иниканской свите отнесла верхний, а не нижний битуминозный интервал. С этим согласился и Б. Б. Шишкин. Я же остался при первоначальном мнении. Возраст нижнего интервала битуминозных пород в этой скважине, согласно определениям в ИГИГ СО РАН, немакит-далдынский, т. е. переходный от венда к кембрию.

Следовательно, в разных частях Сибирской платформы битуминозные глинисто-карбонатные породы накапливались не повсеместно и не синхронно. В Ледянской скв. 358, несмотря на вскрытие полного разреза кембрия, венда и даже рифея, подобных отложений не обнаружено, а в расположенной на 350 км южнее (на северо-восточном борту Тунгусской синеклизы) Чириндинской скв. 271 горизонты, обогащенные битумами, отчетливо проявлены в интервале 4380–4470 м в виде куонамской свиты на границе нижнего и среднего кембрия⁷. В Предсеттадабанской зоне битуминозные глинисто-карбонатные отложения наиболее уверенно определены специалистами ИГГ СО РАН в интервале разреза, имеющего немакит-далдынский возраст. Следовательно, учитывая обоснованный В. Е. Савицким немакит-далдынский стратиграфический горизонт, при постепенном переходе вендских отложений в кембрийские имеются основания, опираясь на результаты бурения Ледянской, Чириндинской и Усть-Майской скважины, сформулировать важную для оценки перспектив нефтегазоносности кембрийских отложений закономерность распространения глинисто-карбонатных горизонтов, обогащенных углеводородами.

⁷ Новые материалы по стратиграфии докембрия и кембрия северо-востока Тунгусской синеклизы / Т. А. Дивина, Л. И. Егорова, А. А. Салихов и др. // Геология и геофизика. – 1996. – Т. 37, № 7. – С. 23–33.

Вспоминая В. Е. Савицкого, не могу не поделиться тем восторгом, который я испытал при встрече с ним на полевых работах на правом берегу Енисея напротив о. Плахинский. Первое, что он мне показал тогда, – обнаруженный в естественных обнажениях образец (около 15 см в поперечнике), в котором ему удалось найти фауну сразу трех кембрийских ярусов. И это действительно было огромное достижение, позволявшее укрепить стратиграфические основы интерпретации особенностей геологического строения окраинной западной зоны Сибирской платформы.

Имея большой опыт геолого-съёмочных работ, он профессионально грамотно мог решать вопросы, которые неоднократно возникали при изучении строения чехла такого сложного геологического объекта, как Сибирская платформа. Думаю, что именно его знаний и опыта не хватает сейчас для решения проблемы так называемого рифогенного пояса Сибирской платформы, которую сформулировал именно Владимир Евгеньевич (вслед за Я. К. Писарчик). В самом начале изучения этого пояса сейсморазведкой и глубоким бурением опытный геофизик Н. В. Умперович ввел понятие аномалии твердого тела. Пришлось невольно вспомнить классика обоснования рифогенных барьеров Д. Уилсона, который показал, что формирование рифогенных барьеров началось только в ордовике после массового появления рифов и мшанок. В кембрии карбонатные барьеры могли возникать преимущественно хемогенным путем, образуя плотные карбонатные тела, на склонах которых при разрушении могли формироваться потенциальные коллекторы углеводородов.

Сейчас таких специалистов в институте, к сожалению, нет, и новые глубокие скважины нередко проектируются прямо на аномалиях твердого тела, а не у их подножья. А это обуславливает отрицательные результаты поиска углеводородных скоплений.

Мудрости, столь свойственной Владимиру Евгеньевичу, сейчас так недостает коллективу нашего института, когда-то головного по Западной и особенно по Восточной Сибири.

В. С. Старосельцев, д. г.-м. н.

Воспоминания о В. Е. Савицком

Владимир Евгеньевич Савицкий родился 8 июля 1928 года в Ставропольском крае в семье учителей. Родители с детских лет старались воспитать в нем лучшие человеческие качества – любовь к труду, целеустремленность, доброту, и все они, в совокупности с образцовым прилежанием и общительным характером четырехлетнего Володи, были отмечены руководством детского садика специальным аттестатом. По окончании школы Володя уехал в Ленинград, поступил в университет на геологический факультет, который и окончил в 1951 г. После этого он был направлен на работу в НИИГА,



где руководил геологическими работами в Оленекском районе Якутской АССР и в Хатангском районе Красноярского края, составлял Государственную геологическую карту (листы К-48–49), изучал стратиграфию докембрия и палеозоя Анабарской антеклизы. В 1959 г. он защитил кандидатскую диссертацию на тему «Стратиграфия синийских и кембрийских отложений северо-восточной части Сибирской платформы». Она стала очередным шагом в обсуждении проблемы границы кембрия и докембрия, которую В. Е. Савицкий поставил двумя годами ранее в статье «О строении и объеме алданского яруса на севере Сибирской платформы». Эта проблема стала его визитной карточкой, ею он занимался до конца жизни.

По семейным обстоятельствам переломным в жизни Владимира Евгеньевича стал 1961 г. Он женился на Лидии Игнатьевне Егоровой, ведущем палеонтологе СНИИГГиМС, и в связи с этим переехал из Ленинграда в Новосибирск, где был принят в институт на должность заведующего сектором стратиграфии платформенных областей Сибири.

Среднесибирское стратиграфическое совещание 1964–1965 гг. со всей очевидностью показало несовершенство существующей стратиграфической шкалы нижнего кембрия, разработанной на материалах юго-востока Сибирской платформы. Но еще в 1961 г. Владимир Евгеньевич предложил рассмотреть вопросы методики их разработки и связанные с ними аспекты фациального, палеогеографического и палеобиогеографического районирования территории. По его инициативе в СНИИГГиМС было начато комплексное изучение кембрия Сибирской платформы (стратиграфия, палеонтология, литология, геохимия). В основу исследований была положена методика разработки унифицированных стратиграфических схем по фациальному признаку: для каждого фациального типа отложений необходима своя унифицированная схема.

Это положение базируется на данных многолетних работ предшественников, которые установили, что некоторые комплексы органических остатков характерны только для определенного типа фаций, а детальность биостратиграфических сопоставлений кембрийских осадочных толщ разных районов зависит в основном от сходства вещественного состава отложений и, соответственно, содержащихся в них ископаемых организмов. Первые результаты исследований были использованы Владимиром Евгеньевичем при разработке схемы сопоставления разрезов нижне- и раннесреднекембрийских отложений Игарского района после полевых работ 1962 г. и посещения разреза р. Сухариха в составе участников V Всесоюзного литологического совещания.

С позиции определения границы кембрия и докембрия В. Е. Савицкий отмечал своего рода уникальность разрезов древнего палеозоя Игарского района как одного из редких (если не единственного) районов Сибирской платформы, где верхний

докембрий и кембрий связаны постепенными переходами. Здесь, стратиграфически ниже древнейших фаунистически охарактеризованных отложений журилинского подъяруса алданского яруса, залегает известняково-доломитовая сухарихинская свита мощностью около 560 м. Именно это обстоятельство и сыграло решающую роль при определении места полевых работ в 1962 г. Результаты исследований этого полевого сезона были опубликованы в трудах СНИИГГиМС в 1964 г.⁸

Летом 1963 г. отряд В. Е. Савицкого (Б. Б. Шишкин, Ю. Г. Щепелин, А. А. Кащенко, Ю. Я. Шабанов, Г. Г. Гелецян) начинал полевой сезон на Енисее в районе о. Плахинский. В задачу входило изучение вскрытых здесь отложений нижнего и среднего кембрия, выяснение соотношений пород на границе кембрия и докембрия и детальный отбор ископаемых организмов по всему разрезу. Вторую половину сезона отряд проводил исследования на р. Кулумбе начиная от границы кембрия и ордовика и заканчивая отдельными выходами нижнекембрийских пород, вскрывающихся на дневной поверхности в районе нижнего по течению конца о. Лабазный. Тогда отряд пополнился палеонтологами из Москвы (Н. В. Покровская из ГИН АН СССР) и Ленинграда (Н. Е. Чернышева из ВСЕГЕИ). Всю собранную фауну из верхнекембрийских отложений передали для изучения Н. В. Покровской, в то время лучшему специалисту по трилобитам верхнего кембрия, но, к большому сожалению, и коллекция, и результаты определений где-то затерялись. Среднекембрийские трилобиты собранной коллекции изучала Н. Е. Чернышева. Результаты биостратиграфического исследования разреза среднего кембрия Игарского района были опубликованы⁹.

В сентябре 1964 г. на разрезах кембрия среднего течения Лены состоялась Межведомственная экскурсия по решению спорных вопросов стратиграфии нижнего кембрия юга Сибирской платформы, подготовленная оргкомитетом Межведомственного стратиграфического совещания по унификации стратиграфических схем Средней Сибири (Ленинград, 1959 г.). В работе экскурсии приняли участие Н. П. Суворова (ПИН АН СССР, Москва), В. Е. Савицкий, А. Б. Гинцингер, Ю. Я. Шабанов (СНИИГГиМС, Новосибирск), А. К. Бобров (ЯФ СО АН СССР), М. Л. Кокоулин (ВНИГРИ, Ленинград), М. А. Жарков (ИГиГ СО АН СССР, Новосибирск), М. С. Якшин (МГУ, Москва). Разрезы представляли В. В. Хоментовский и М. А. Жарков (ИГиГ СО АН СССР). Были обследованы стратотипы

⁸Савицкий В. Е., Шабанов Ю. Я., Шишкин Б. Б. Стратиграфия нижнекембрийских и ранне-среднекембрийских отложений Игарского района // Геология нефтегазоносных районов Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1964. – С. 42–68.

⁹Еланский и куонамский фацциостратотипы нижней границы среднего кембрия Сибири / Л. И. Егорова, Ю. Я. Шабанов, А. Ю. Розанов и др. – М.: Недра, 1976. – 228 с.

ческий разрез еланской свиты на левом берегу Лены и все основные опорные разрезы алданского яруса и нижних горизонтов ленского яруса нижнего кембрия на участке от устья р. Синяя до пос. Малькан.

В то время было два варианта сопоставления:

1) схема, принятая на совещании 1956 г., в которой юедейская свита западной области сопоставляется с пестроцветной свитой восточной, эльганская – с синской, толбачанская и олекминская – с куторгиновой, а чарская – с кетеменской;

2) вариант корреляции, предложенный В. В. Хоментовским и Л. Н. Репиной: юедейская свита сопоставляется с нижней частью пестроцветной (суннагинский и кенядинский горизонты), эльганская – со средней частью пестроцветной (нижняя часть атдабанского горизонта), толбачанская – с верхней частью пестроцветной свиты и низами переходной (I и II пачки), т. е. с верхней половиной атдабанского горизонта; нижние слои олекминской свиты, выделенные в урицкий горизонт, – с синской и куторгиновой свитами вместе взятыми, чарская – с кетеменской и еланской.

Третий вариант корреляции предложил позднее в своей диссертации аспирант В. Е. Савицкого А. И. Варламов: юедейская свита западной фациальной области соответствует пестроцветной свите, нохоройской, чуранской и марбадайской пачкам переходной области и, соответственно, пестроцветной и трем нижним пачкам переходной свиты в восточной области. Эльганская свита сопоставляется с нижней частью мухаттинской толщи и четвертой пачкой переходной свиты, толбачанская – с верхней частью мухаттинской толщи и синской свитой. Олекминская свита коррелируется с куторгиновой, а чарская – с кетеменской и еланской. Сам автор этой корреляции считает, что его вариант представляет собой нечто среднее между первыми двумя.

Свою позицию по поводу изученных разрезов и их корреляции В. Е. Савицкий отразил на схематическом рисунке в полевом дневнике, из которого следует, что трилобитовые слои с *Redlichina* переходного типа разреза коррелируются с низами четвертой пачки восточного типа разреза, а эльганская свита западного типа разреза сопоставляется с верхней частью пестроцветной.

В последующие три года Владимир Евгеньевич с В. М. Евтушенко, Б. Б. Шишкиным и Ю. Л. Шабановым занимался изучением кембрийских отложений: в 1965 г. – по рекам Некекит, Амыдай, Торкукуй, Боролуолах; в 1966 г. – по Хорбусуонке и ее притокам; в 1967 г. – по Юдоме и Мае. Выбор этих разрезов в качестве первоочередных объектов исследования определялся наибольшим разнообразием фаций, богатством комплексов органических остатков. Кроме того, там широко распространены осадочные толщи доманикового типа с исключительно высоким нефтематеринским потенциалом. Они характеризуются уникально высоким содержанием органи-

ческого вещества, что поставило вопрос о необходимости изучения геохимии содержащихся в них битумоидов и связанной с ними проблемы нефтегазоносности кембрийских отложений восточной части Сибирской платформы. Результаты, полученные при обработке материалов этих трех полевых сезонов, изложены в монографии¹⁰.

В эти же годы Владимир Евгеньевич работал над монографией, посвященной стратиграфии и биофациям кембрия Сибирской платформы на основе изучения Западного Прианбарья¹¹. Проблеме верхней границы докембрия Средней Сибири посвящены доклады советских геологов с участием В. Е. Савицкого на XXIII сессии Международного геологического конгресса в Чехословакии в 1968 г.

В 1971–1972 гг. группа стратиграфов под руководством В. Е. Савицкого начала комплексное изучение стратотипической местности самого верхнего (еланского) горизонта нижнего кембрия Унифицированной стратиграфической схемы кембрия Сибирской платформы (1956 г.) на левом берегу среднего течения Лены, в районе пос. Еланское. Целью работ было установление стратотипа границы нижнего и среднего кембрия. Материалы исследований апробированы на всесоюзном коллоквиуме по трилобитам из пограничных слоев нижнего и среднего кембрия в 1972 г. (Новосибирск) и во время Международной экскурсии по разрезам кембрия р. Лена в 1973 г.

В решении коллоквиума отмечена необходимость тщательного изучения разрезов на территории СССР и последующего выбора стратотипического разреза для границы между нижним и средним кембрием. Стратотипическим для карбонатно-рифогенной фации участники коллоквиума назвали разрез еланского горизонта на Лене выше пос. Еланское, для сланцевой – разрез куонамской свиты на р. Некекит. Необходимость установления двух стандартов рассматриваемой границы обусловлена тем, что палеонтологическая характеристика каждого из них связана с фациальными (биогеографическими) особенностями стратотипа. Такого рода стандарты вслед за Д. Сигалом¹² названы фациостратотипами. Результаты исследований Еланского разреза, вместе с дополнительными материалами по р. Некекит, под редакцией В. Е. Савицкого были опубликованы в упомянутой уже монографии «Еланский и куонам-

¹⁰ Кембрий Сибирской платформы (Юдомо-Оленекский тип разреза. Куонамский комплекс отложений) / В. Е. Савицкий, В. М. Евтушенко, Л. И. Егорова и др. – М.: Недра, 1972. – 199 с.

¹¹ Егорова Л. И., Савицкий В. Е. Стратиграфия и биофации кембрия Сибирской платформы. Западное Прианбарье. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1969. – 408 с.

¹² Sigal J. Une thérapeutique homéopathique en chronostratigraphie: les parastratotypes (où prétendus tells) // Bur. Rech. Géol. Inform. Bull. Trimest. – 1964. – No. 64. – P. 1–8.



ский faciostратотипы нижней границы среднего кембрия Сибири».

В 1972 г. в Монреале, на заседании подкомиссии по кембрию Международной стратиграфической комиссии обсуждались вопросы, связанные с нижней границей кембрия. Тогда же была сформирована рабочая группа по этой проблеме, в которую входили 13 представителей различных стран. Проект, разработанный этой группой, был представлен в Международный союз геологических наук как проект по программе геологической корреляции. В нем предусматривался просмотр рабочей группой (с помощью заинтересованных стран) основных разрезов, претендующих на звание типовых. Организацию просмотра разрезов пограничных отложений кембрия и докембрия Сибири (р. Алдан) взяла на себя АН СССР. Одновременно в связи с необходимостью дальнейших работ по ярусному расчленению нижнего кембрия и границ отделов системы была предоставлена и возможность ознакомиться с лучшим разрезом всего нижнего кембрия в среднем течении Лены. В решениях Уфимского совещания 1967 г. по стратиграфии пограничных слоев кембрия и докембрия отмечено, что при определении нижней границы кембрия в первую очередь следует основываться на палеонтологических данных. При этом необходимо принимать во внимание смену в комплексах акритарх, микрофитолитов и строматолитов, определяющих в пограничных слоях кембрия и докембрия рубежи. Однако важнейшим критерием при определении нижней границы кембрия служит появление представителей скелетной фауны (археоциат, хиолитов, гастропод, сабеллидитов и др.), образующих четко выраженный зональный комплекс. На Сибирской платформе это подошва зоны *Aldanocyathus sunnaginicus*.

На пленуме МСК 25.04.1973 Владимир Евгеньевич Савицкий был утвержден в должности председателя Сибирской региональной межведомственной стратиграфической комиссии (СибРМСК). С самого начала ее деятельности были налажены тесные контакты с геолого-съёмочными экспедициями и научно-техническими советами территориальных геологических управлений. Основными направлениями всегда были и остаются разработка и совершенствование региональных стратиграфических схем докембрия и фанерозоя Сибири, а также совершенствование теоретических основ стратиграфии, в том числе стратиграфической классификации. В том же году В. Е. Савицкий стал заместителем директора СНИИГГиМС по научной работе.

Заняв пост руководителя СибРМСК, Владимир Евгеньевич активно включился в работу по подготовке к совещанию по разработке стратиграфических схем нового поколения. Уже начали работу секции СибРМСК с многочисленными рабочими заседаниями и выездными сессиями рабочих групп непосредственно в экспедиции и производственные геологические объединения, проводились экскур-

сии по спорным разрезам для решения наиболее важных вопросов. За пять лет состоялось 25 коллоквиумов по различным группам ископаемых организмов, 30 рабочих заседаний и выездных сессий рабочих групп, опубликовано 7 сборников научных трудов, проведены два пленума, где шло обсуждение представленных вариантов региональных стратиграфических схем, которые предварительно рассылались в геологические организации. Высокая загруженность не помешала, однако, Владимиру Евгеньевичу принять участие в XXV сессии МГК в Сиднее (Австралия) в 1976 г. с докладом «Еланский и куонамский faciostратотипы нижней границы среднего кембрия Сибири». Кроме того, он посещал разрезы кембрия на Ботоме в полевые сезоны 1975 и 1978 гг.

Всесоюзное стратиграфическое совещание по разработке унифицированных стратиграфических схем по докембрию, палеозою и четвертичной системе Средней Сибири было создано по решению МСК СССР (12–17 ноября 1979 г., Новосибирск). Организовано оно было СибРМСК, ИГИГ СО АН СССР и СНИИГГиМС Мингео СССР. Это был масштабный стратиграфический форум, в котором приняли участие 350 человек, в том числе 225 иногородних из 60 организаций АН СССР, Мингео СССР, Мингео РСФСР, Миннефтепрома СССР, Мингазпрома СССР, Минвуза СССР из 31 города Советского Союза. Все предшествующие исследования и само совещание позволили разработать достаточно детальную стратиграфическую основу для геологических съёмок крупного масштаба, геолого-разведочных и геолого-поисковых работ. Общее руководство по подготовке макетов стратиграфических схем на протяжении всего подготовительного периода и на совещании осуществлял Владимир Евгеньевич. В итоге было принято 27 региональных стратиграфических схем по докембрию и нижнему палеозою.

Напряженная работа не прошла даром. Медицинское обследование в апреле 1980 г. обнаружило у Владимира Евгеньевича онкологическое заболевание в последней стадии, оставившее ему 2–3 месяца жизни...

В памяти всплывает появление в моей рабочей комнате Владимира Евгеньевича.

Это было начало 1961 г. Он занял соседний стол и первым делом закурил. Я сам в то время покурился, правда, немного, но то, что я увидел в первые же дни, меня несколько обескуражило. Владимир Евгеньевич выкуривал в день по две пачки, т. е. по сигарете каждые 10–12 минут. Поскольку мы с ним часто вместе ездили на полевые работы, он иногда жаловался на сердце. И только в конце 1970-х гг. ему дали путевку кардиологический санаторий в Кисловодск, однако дня через 3–4 после отбытия он вдруг появился на работе, ничего не объясняя. И только спустя недели две или три он попросил меня не распространять информацию о разговоре с санаторным кардиологом, который

в категорической форме подтвердил, что сердце у него здоровое, а лечить нужно легкие. И тогда он сразу вернулся в Новосибирск, но никаких мер не предпринял. Вероятно, причиной могло быть намеченное на следующий год стратиграфическое совещание, которое должно было пройти под флагом идеи Владимира Евгеньевича: для каждого типа фаций – своя унифицированная схема.

После получения ошеломляющего диагноза были попытки найти способы если не вылечить, то хотя бы продлить время его жизни. Его «вечный» оппонент А. Ю. Розанов нашел в Москве знахаря, снабдившего его каплями, которые Алексей Юрьевич регулярно пересылал для Владимира Евгеньевича. Не исключено, что именно эти капли и помогли ему прожить еще целых полгода. В 1980 г. в книге докладов советских геологов на XXVI сессии Международного геологического конгресса вышла из печати его с соавторами последняя статья «Немакит-далдынский faciостратотип границы докембрия и кембрия Сибири».

За свою короткую жизнь (Владимир Евгеньевич скончался, когда ему было 52 года) он воспитал учеников, своих аспирантов, продолживших дело его жизни – В. М. Евтушенко, Ю. Я. Шабанова, Б. Б. Шишкина, С. С. Сухова, А. И. Варламова, В. М. Сундукова.

В последний раз Владимир Евгеньевич собрал нас, своих учеников, у себя дома 4 января 1981 г. с наказом сохранить пока двучленное ярусное деление нижнего и среднего кембрия. Через две недели он скончался.

Ю. Я. Шабанов, к. г.-м. н.

Владимир Евгеньевич Савицкий

Он был одним из известнейших ученых-геологов, связавших свою жизнь с изучением восточно-сибирских недр. Безусловно, мнение о нем как о талантливейшем исследователе важнейших проблем геологии Восточной Сибири, более всего связанных с прогнозной оценкой на поиски стратегического углеводородного сырья для экономического и, соответственно, промышленного развития Советского Союза, живет и ныне. Результатами своих исследований, особенно в области стратиграфии, он внес значительный вклад в открытие крупнейшей нефтегазоносной провинции Восточной Сибири.

Владимир Евгеньевич отличался высочайшей трудоспособностью, умением блестяще решать самые важные проблемы геологического строения сложнейших геологических регионов.

Уже в самом раннем детстве в нем проявились способности к целеустремленности, доброте, трудолюбию. Он был способен адаптироваться к любым жизненным условиям, обладая при этом общительным характером. Вот как в детском саду оценивали Володю: «Настоящий аттестат выдан четырехлетне-

му Вове Корничевскому за его способности и общительный характер». В раннем детстве он испытал и горечь утрат. Умер отец. Мать вышла замуж второй раз, и Володя Корничевский стал Владимиром Евгеньевичем Савицким.

После школы он уехал в Ленинград с твердым намерением поступить в кораблестроительный институт. Мечта сбылась. Однако всего через год он стал студентом геологического факультета Ленинградского университета и, как оказалось, навсегда связал свою судьбу с геологией самых труднодоступных районов Восточной Сибири.

Его способности в геологическом изучении этой территории были безграничны. Уже в студенческие годы он трудился геологом в различных геологических партиях. После окончания университета по направлению отправился в НИИГА, где стал одним из создателей государственной геологической карты м-ба 1:200 000 сложнейшего и труднодоступного района Северного Хараулаха; руководил геологическими работами в Олекминском районе Якутской АССР и Хатангском районе Красноярского края; составлял Государственную геологическую карту (листы К-48-49); изучал стратиграфию докембрия и палеозоя Анабарской антеклизы.

В апреле 1961 г. Владимир Евгеньевич связал свою научную деятельность с Сибирским научно-исследовательским институтом геологии, геофизики и минерального сырья, уже будучи кандидатом геолого-минералогических наук. Именно здесь началась его научная деятельность, надолго связавшая его с разработкой детальнейшей на то время стратиграфической основы для геолого-съёмочных и геолого-поисковых работ. Именно эти исследования привели его к работе над докторской диссертацией, которую он защитил в 1973 г.

Владимир Евгеньевич оказался организатором нового научного направления – комплексного изучения стратиграфии, палеонтологии, литологии и геохимии. Это привело его к реконструкции истории геологического развития позднедокембрийских и раннепалеозойских бассейнов осадконакопления в Восточной Сибири в основном в связи с перспективной оценкой нефтегазоносности. С данных исследований Владимир Евгеньевич начал изучение фундаментальной основы стратиграфии, связанной с границей геологических образований докембрия и кембрия, к поиску стратотипа нижнего и среднего кембрия на Сибирской платформе и, соответственно, к новейшему обоснованию ярусного расчленения кембрийской системы, к появлению новых представлений в области общетеоретических и методологических проблем стратиграфии и палеонтологии.

Владимир Евгеньевич несколько иначе, чем было прежде, решал проблемы стратиграфической классификации и терминологии, имея собственное представление о природе хроностратиграфических подразделений, принципах обоснования нижней границы кембрия. Многие из упомянутого получило



международное признание. В зарубежной геологической литературе появилось большое количество ссылок на фундаментальные труды Владимира Евгеньевича, в том числе по зональному расчленению подразделений нижнего палеозоя, который имеет большое значение для практической геологии, и прежде всего для составления геологических карт различных масштабов.

Значителен вклад Владимира Евгеньевича и в понимание международных, региональных и местных стратиграфических подразделений, в том числе таких как горизонт, свита, информальный ярус. Многие его предложения были учтены в формулировках для этих подразделений, опубликованных в современных изданиях стратиграфического кодекса СССР и России.

Важнейшей проблемой геологической практики, связанной с нефтегазоносностью кембрийских образований Сибирской платформы, является обоснование роли в этом процессе рифовых систем. Владимир Евгеньевич представил авторскую модель этих систем, получившую широкий резонанс в геологической среде.

Научная деятельность Владимира Евгеньевича признана мировой геологической общественностью. Это привело его к активному участию во всевозможных советах и комитетах. Он был членом Межведомственного стратиграфического комите-

та СССР и его постоянной комиссии по кембрию, председателем Сибирской региональной стратиграфической комиссии, председателем Сибирского филиала редсовета Министерства геологии СССР, членом научного совета АН СССР по проблемам геологии и геохимии нефти и газа, членом специализированных ученых советов по присуждению ученых степеней при СНИИГГиМС и ИГиГ СО АН СССР, членом совета НТО «Горное» и местного комитета СНИИГГиМС, членом-корреспондентом рабочей группы проекта «Граница докембрия и кембрия» МСГН МПГК ЮНЕСКО. Владимир Евгеньевич подготовил семь кандидатов геолого-минералогических наук, которые успешно работали в СНИИГГиМС. Он был награжден знаком «Отличник разведки недр»

Владимир Евгеньевич ушел из жизни после тяжелой и продолжительной болезни 16 января 1981 г. Среди выдающихся ученых-геологов XX в. был и Владимир Евгеньевич Савицкий. Ученые Сибирского научно-исследовательского института геологии, геофизики и минерального сырья до сих пор вспоминают о нем, как о талантливейшем исследователе земных недр, умевшем решать многие наисложнейшие проблемы геологии докембрия и кембрия Восточной Сибири. Труды Владимира Евгеньевича и сегодня являются неоценимым вкладом в сокровищницу мировой геологической науки.

В. И. Краснов, к. г.-м. н.



К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ВАСИЛИЯ ИВАНОВИЧА БГАТОВА

TO THE 90TH ANNIVERSARY OF VASILYIY BGATOV

Путь Исследователя

Он [В.И. Бгатов] непрестанно шел от одного открытия к другому. Сотни прекрасных неожиданных идей обуревают его голову. И, как мне кажется, только самые новые научные идеи постоянно волнуют его.

Ю. М. Магалиф, из предисловия к книге В. И. Бгатова и А. В. Бгатова «Тропинки узенькие вьются...»

Мне хотелось бы немного рассказать об отце не потому, что он был профессором, лауреатом Государственной премии и почти всех высших орденов СССР (которые он в шутку называл иконостасом и ни разу не надевал). Не потому даже, что многие его прорывные научные гипотезы, открытия и изобретения подняли изучение биосферы на качественно новый уровень.

А для того, чтобы задумались некоторые ученые, измеряющие свои достижения суммой регалий и ступенькой карьеры – тот ли Путь они выбрали.

Он родился 5 августа 1928 г. в с. Соломатино, на Волге (в этом году ему могло бы исполниться 90 лет, да вот далеко не дожил, сердце отказало). В трехлетнем возрасте был, как сын врагов трудового народа, или, проще, сын трудолюбивых многодетных крестьян, с семьей сослан на Печору, на выживание.

И он выжил, хотя многие там умирали. И умдрился, невзирая на волчий штамп «спецпереселе-

нец» в паспорте, поступить в Саратовский государственный университет.

1951 год. Сталинские времена. Будучи студентом-пятикурсником, он возглавил отряд, вернее даже партию, по геологической съемке в Якутии. Пассив: карт – никаких, внешней связи – никакой, экипировка – нулевая. Дикая звери и тучи гнуса. Актив: молодость, задор... Геологическая съемка белых пятен Якутии произведена. Мало этого – партией В. И. Бгатова на притоке Вилюя найден первый алмаз. Алмазодобывающая промышленность России сделала первый шаг.

Аспирантура. Кандидатская диссертация – это как бы между прочим. Переезд в Новосибирск в 1959 году.

Исследования рудоносности Сибирской платформы, Казахстана, Украины, Алтае-Саянской области, восточных районов Сибири, поиски новых типов месторождений минерального сырья...

Его приглашают в Гвинею-Бисау (Западная Африка) для организации геолого-разведочных работ. Он соглашается, в то время как все кабинетные лощенные ученые шарахаются от такого назначения – там же и скушать могут...

Потом – во Вьетнам. Там снова он налаживает геологическое дело, получает один из высших орденов Вьетнама.

Его основные научные наработки посвящены развитию представлений о биосфере. Теория возникновения свободного кислорода с помощью дегазации магмы и его эволюции в процессе развития



биосферы сегодня читается во всех крупнейших университетах мира. То же самое касается его оригинальных разработок о роли азота и углекислого газа в жизни экосистем, подкрепленных свидетельством об открытии и множеством изобретений.

Многое он сделал и для развития сельского хозяйства. Исследования по миграционным рядам химических элементов, азотной кислоте как природному агенту выветривания горных пород и регулятору урожайности сельскохозяйственных культур, опыты с природными ионообменниками и сорбентами, изучение влияния эндогенного углекислого газа на биомассу растений... Это и многое другое легло в основу получения экологически чистых богатых урожаев.

До двух часов ночи из-под дверей его кабинета всегда выливался свет; он всегда работал и работал. Но при этом он не был анахоретом от науки. Его всегда окружали друзья, в том числе писатели и художники.

Отец был центром любой компании. При встрече с известным сибирским писателем Виктором Астафьевым он легко и непринужденно его переиграл в разговоре, будучи гораздо более осведомленным в экологии Сибири. Ну, а художников он приглашал с собой на Крайний Север – для написания пейзажей. (В скобках замечу, что мне довелось участвовать в отцовских экспедициях с художниками Г. М. Мирошниченко и А. А. Юзенасом – они благодаря отцу организовали впоследствии свои персональные «северные» вернисажи.)

Не говорю уже о том, что после памятного 1969 года, когда он взял в Красноярский край нас с сестрой, мне довелось с ним ездить практически каждый полевой сезон, пока он был в состоянии. Дважды привлекал к экспедициям в Красноярский край и на Дальний Восток и жену, нашу маму, с которой прожил до самой смерти 55 лет и которая всю жизнь была его надежным тылом и нашим ангелом-хранителем (дай Бог ей здоровья).

Также запомнилось с детства, как он просил мою бабушку (свою тещу) вращать на балконе футбольные мячики. Отец тогда увлекался идеями геотропизма. Прорезал в мячиках дырки, наполнял их

землей, сажал в них огуречные семечки. Потом эти мячики вращал в разных направлениях и следил, откуда же появятся корень и проросток огурца.

Помню еще, как он меня будил среди ночи на даче и заставлял измерять температуру на грядках, где он рассыпал цеолиты (идея заключалась в том, что этот сорбент, накопив в течение солнечного дня тепло, будет отдавать его ночью под корни растений).

Он заразил меня идеей этим же цеолитом кормить телят. Пришлось пробить через Новосибирский аграрный университет вагон цеолитов из Бурятии и прокормить ими чуть не половину телят и коров Новосибирской области.

На р. Ундюлюнг, притоке Лены, мы копали яму трехметровой глубины для изучения газового дыхания Земли.

Поливали растения растворами азотной кислоты разной концентрации, имитируя тропическое «грозовое лето»...

Однако в полной мере его ненавязчивый педагогический талант я испытал в двенадцатилетнем возрасте, когда он впервые взял нас сестрой в геологическую экспедицию...

Красноярский край. Тайга. Река Биропчана, приток Подкаменной Тунгуски, вряд ли пригодна для туристов. Порог там сменяется порогом, а обрамляют с обеих сторон эти великолепные по красоте и силе пороги абсолютно отвесные скалы. В случае чего не уцепиться. Научную сторону экспедиции я тогда еще слабо осознавал. Но догадывался, что река попала неординарная, даже по отцовским меркам...



Благодаря отцу я в тот сезон научился многому – ставить палатку, разжигать при дожде и ветре костер, потрошить рыбу... Но главный урок, который преподал он нам с сестрой, – это оптимистическое отношение к любым передрыгам.

До устья нам необходимо было сплавиться несмотря ни на что. Рации у нас не было. Соорудили мы катамаран из двух резиновых лодок, обладающих мощной грузоподъемностью, но, увы, слабым днищем, сплотив их березовой рамой. И двинулись вниз по течению.

Тут проявились певческие отцовские таланты. Слух его был, мягко говоря, далеким от идеального, да и репертуар не страдал разнообразием, зато голос покрывал рев порогов:

Идет веселье в до-оде дяди Зуя...

Наш катамаран с грохотом продирается между камней и падает в очередную кипенную круговерт. Сноп брызг обдает нас с сестрой, вцепившихся в веревку, стягивающую брезент, который укрывает груз на носу катамарана.

А сам хозяин то-олстый, словно кот...

Противный скрип резины о камни. Новая дыра возникает в днище нашей израненной лодки.

За Ва-аську, рыжего буржуя...

Еще и еще встряска. Катамаран встает на ребро. Вода хлещет по головам. И вдруг – тишина. Оторвавши головы от мокрого брезента, укутывающего груз, мы с Анкой убеждаемся, что очередной порог пройден, лодки вышли на плес, и слышим победный отцовский рев:

Мару-уську замуж выдает!..

Так мы и сплавлялись. Великолепный в своей бесшабашности оптимизм отца не позволял нам с сестрой ни на минуту усомниться в безопасности путешествия. Гораздо позже отец сознался, что, зная он особенности реки, ни за что бы нас с собой не взял. Сам я не видел, но сестра моя потом рассказала, что отец так держал весло, что из-под ногтей у него после прохождения очередного тяжелого порога сочилась кровь.

Последняя наша встреча с отцом состоялась в корпусе кардиологии новосибирской горбольницы. Его могучее тело было страшно исхудавшим. Оставались его глаза, да чувство юмора, никогда ему не изменявшее.



– Крепись, пап, – сказал я ему, – через пару месяцев поедем на Алтай, порыбачим на Катунь...

– Надо бы, – ответил он, – вот только к месту рыбалки меня на руках нести придется.

– Донесем, у меня студенты крепкие...
Не удалось.

А совсем незадолго до этого он читал лекцию по литофагии студентам зооинженерного факультета НГАУ. Они его слушали с широко открытыми глазами и ртами, а он, теребя свою седую гриву, рассказывал о том, как он, будучи также студентом, руководил геологическим отрядом. И вообще о том, что такое наука и радость познания.

Его книги «Подходы к экогеологии», «Кислород земной атмосферы» и другие стали учебными пособиями во многих вузах России и мира. Среди выдающихся российских исследователей-естественников двадцатого века – Вернадского, Вавилова, Докучаева, Ковальского и др. – фамилия Бгатов занимает достойное место. Закончу своим посвящением ему, вышедшим в книге «В краю Поэзии, где дышится легко»:

*Старый Бродяга вздохнул – и ушел на покой;
Мир поменял он земной на иной, неземной.
Там Гефсиманский*

*приветливый солнечный сад,
Но почему-то Бродяга и саду не рад...*

*В райском саду фиго-финики и виноград,
Ну, а Бродяге бы – скалы да водопад!
Арфы, и нимфы, и нимбы ему ни к чему;
Лодку, весло и двустволку вы дайте ему!*

*Но воздастся любому по воле Творца:
Так представляется ныне мне образ отца –
Мощно веслом рассекает он звезд водоем –
Арфа, и нимфы,
и спиннинг походный при нем...*

А. В. Бгатов

Ясный след на Земле

Заместитель директора СНИИГГМС по научно-исследовательским работам, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заслуженный геолог, отличник и почетный разведчик недр, лауреат Государственной премии, действительный член РАЕН Василий Иванович Бгатов родился 5 августа 1928 г. в с. Соломатино Камышенского района Волгоградской области.

Судьба жестко готовила и строго воспитывала будущего Геолога и Ученого. Когда Василию был всего год, умер отец. В возрасте трех лет, в статусе члена семьи кулака, он начинает знакомиться с природой необжитых верховий р. Печора. Бараки, голод, учеба-работа. Выжил и выучился.



В 1946 г. окончил с отличием и медалью школу, но на руки получил только «волчий» паспорт. И вновь вмешалась Судьба. Он все же сдал экзамены и поступил на отделение геологии геолого-почвенного факультета Саратовского государственного университета.

Закаленного жизнью, ответственного и старательного студента отметили преподаватели. После окончания СГУ в 1951 г. его пригласили работать в НИИ геологии при университете и сразу же командировали в Якутию на полевые работы начальником геолого-съёмочной партии Вилюйской аэрогеологической экспедиции (был заключен соответствующий договор с Всесоюзным аэрогеофизическим трестом). Геологическая съёмка м-ба 1:200 000 проводилась на практически не исследованной территории. Выполнялась она силами студентов-старшекурсников СГУ; на первом этапе работ не было даже топографических карт. Листы были сделаны и сданы, материалы приняты.

Так начиналась самостоятельная практическая работа Геолога.

В 1952 г. Василий Иванович поступил в заочную аспирантуру при кафедре минералогии и петрографии университета, совмещая учебу с работой в институте. В 1955 г. защитил кандидатскую диссертацию.

Узнав о создании в Новосибирске прикладного геологического института, он принял участие в конкурсе на замещение вакантной должности старшего научного сотрудника. И с 1958 г. вся дальнейшая его судьба была целиком связана с Сибирским НИИ геологии, геофизики и минерального сырья.

Именно в нем Василий Иванович вырос в крупного ученого, известного своими трудами в России и за ее пределами, способного создавать целые крупные направления в различных отраслях геологических знаний, важных для развития научно-теоретических и научно-прикладных проблем, непосредственно связанных с промышленным и сельскохозяйственным развитием своего отечества. В 1969 г. он защитил докторскую диссертацию.

В сферу профессиональных научно-практических интересов Василия Ивановича входило изучение литолого-геохимических закономерностей ордовикского и силурийского осадконакопления и рудной специализации отложений позднего кембрия и раннего палеозоя на Сибирской платформе; разработка методик поисков золоторудных концентраций, алюминиевого сырья, железных руд и полиметаллов, природных ионообменников и сорбентов; исследование процессов выветривания и экзогенного литогенеза – образования бокситов, пластовых фосфоритов, концентрирования стронция, накопления торфовивианитов в Западной Сибири и процессов минерального и газового питания растений.

Исследования давали конкретные научно обоснованные направления для поисков полезных ископаемых и сопровождалась внедрением новых знаний, методик и технологий в науку и на произ-



водстве. Именно поэтому он был председателем, заместителем председателя и членом множества общесоюзных и региональных отраслевых и академических комиссий и комитетов Министерства геологии и АН СССР.

В СНИИГГиМС В. И. Бгатов занимал должности от старшего научного сотрудника до заместителя директора по науке. В 40 лет он был назначен куратором Министерства геологии СССР и РСФСР по ряду твердых полезных ископаемых, с консультативными заданиями его направляли в Венгрию, Вьетнам, Гвинею-Бисау, Чехословакию. Был награжден многими зарубежными и отечественными государственными наградами, в том числе орденами Трудового Красного Знамени и «Знак Почета». За свою научную деятельность многократно получал благодарности и грамоты администрации и профкома СНИИГГиМС, занесен в Книгу почета института.

Он опубликовал более 300 научных работ и методических пособий, в том числе 14 монографий, подготовил 31 кандидата геолого-минералогических наук.

Фундаментальные разработки Василия Ивановича связаны с теоретическим осмыслением закономерностей развития геологических процессов в тесной их связи с общим историческим развитием Земли, эволюцией ее литосферы, атмосферы,

гидросферы и биосферы и влиянием биосферы на геологические явления.

Будучи художником от природы, и обладая редкостным даром наблюдать и удивляться, он научился открывать и познавать причинно-следственные связи разнообразных природных явлений. В частности, опережая на десятилетия современную ему науку, он сумел не только распознать, но и первым в России обосновал расчетами «дроссельный» механизм образования вечной мерзлоты и доказал связь формирования криолитосферы с глубинной дегазацией Земли.

Экспедиционными исследованиями и агротехнической практикой он показал исключительную значимость роли глубинных газов в формировании азональных оазисов и в урожайности сельскохозяйственных культур.

Дегазационному направлению в значительной степени посвящены работы Василия Ивановича по кислороду земной атмосферы, миграционным рядам химических элементов, азотной кислоте как природному агенту выветривания горных пород и удобрения почв, а также влиянию природного углекислого газа на жизнестойкость растений и урожайность агрокультур. Результаты этих исследований позволили решить ряд сложнейших задач в других естественных науках, включая агрохимию, и указать на экологически чистый путь решения производственных проблем.

Финальным циклом профессиональной деятельности В. И. Бгатова стала тема эволюции геологических процессов и их влияния на жизнь и развитие биосферы. Проблемами экологии он начал заниматься еще в конце 1980-х гг. и предложил использовать термин «экологическая геология» вместо употребляемого «геоэкология». Основной целью нового направления он считал изучение влияния геологических факторов на развитие растительного и животного мира – на формирование ландшафтов и биоценозов.

Важнейшую роль Василий Иванович отводил зонам минерального питания растений и, снова опережая время, обратил внимание на их корневое питание углекислым газом (оформлено как научное открытие в соавторстве с А. И. Ларичевым и А. В. Бгатовым).

Изучение причин поедания дикими животными каменного материала (литофагии) позволило ему доказать значимость природных минералов в жизни животных, и на основе этих научных разработок наладить выпуск биологически активной пищевой добавки – «Литовита».

Им было получено более десятка авторских патентов и свидетельств.

А еще Василий Иванович – автор замечательных по своему содержанию и художественному осмыслению рассказов и повестей, в которых отражены его мудрость жизни и юмор, и любовь к профессии и к Природе.

Эрудит и интеллектуал, он был настоящий ЗЕМЛЕВЕД во всей полноте содержания этого понятия.

31 марта 2005 г. завершился земной путь В. И. Бгатова. Но осталась память о нем как о прекрасном человеке и крупном ученом, посвятившем свою жизнь геологии и развитию отечественной науки.

Василий Иванович писал: со временем начинаешь понимать, что количество публикаций, почетных грамот и благодарностей не главное в жизни. Главное – оставить на Земле тобой проторенную тропинку, свой след, пусть малозаметный, но свой.

Свой ясный след он оставил.

В. А. Епифанов

Вспоминая Василия Ивановича

Сразу надо оговориться, что речь пойдет не о Чапаеве, а о Бгатове. Первый из них был широко известен не только во всей стране, но и в семье Старосельцевых: дед одного из авторов активно сражался в Чапаевской дивизии, за что был награжден одним из первых в стране орденом Боевого Красного Знамени.

Уже при первой встрече В. И. Бгатов сразу производил впечатление глубокого ученого, способного руководить научным коллективом. Обладая при этом добрым юмором, он сразу привлекал внимание молодых специалистов советами, которые, по существу, оценивали их способности к самостоятельному мышлению.

В. И. Бгатов стал первым председателем диссертационного совета по присуждению степени кандидата геолого-минералогических наук по специальностям нефтяного и литологического профиля. Ученым секретарем была Т. А. Дивина, которой на начальных этапах пришлось часто ездить в командировки в ВАК (Москва). В течение нескольких лет работа совета была полностью налажена, о чем свидетельствовала обширная география выполнения успешно защищаемых диссертационных работ.

Значительное место в жизни Василия Ивановича занимали полевые работы в живописных районах Сибири. Одним из ярких примеров таких работ был сплав полевого отряда СНИИГГиМС по р. Марха. В этом маршруте принимали участие девять сотрудников СНИИГГиМС под научным руководством Василия Ивановича

Маршрут был весьма протяженным и на большей части реки относительно спокойным, пока на пути не встретился серьезный порог. Его прохождение надолго запомнилось членам отряда и вскоре превратилось в институтскую легенду.

После того как шесть членов отряда, включая Василия Ивановича, поочередно успешно миновали этот порог, седьмого выбросило из лодки на изолированный камень. Следовавший за ним Р. С. Родин воспринял стоящего на камне и размахивающего руками сотрудника как специально поставленного



регулировщика и благополучно его миновал. Проходивший порог последним Р. Г. Матухин подплыл вплотную к этому камню и тоже был выброшен из лодки. И уже после этого их обоих вытащили, стоя по пояс в воде, члены отряда. Больше никто не принял бедолаг за регулировщиков.

Еще один заслуживающий внимания эпизод полевых исследований Василия Ивановича связан с возглавляемым им отрядом в низовьях Лены вблизи порта Тикси. Там Василий Иванович, обладая новой и тщательно охраняемой им кинокамерой, пытался запечатлеть на пленке сначала сидящего на краю крутого обрыва огромного орла. Всяческие попытки вынудить орла расправить огромные крылья и взлететь над обрывом лишь раздражали орла, и тот и сбрасывал на стоявших внизу людей камешки различного размера. А когда потерявший терпение Василий Иванович аккуратно сложил и спрятал во всякие чехлы свою драгоценную кинокамеру, орел, широко расправив огромные крылья, плавно пролетел над ним и скрылся вдали.

Внимание Бгатова после этого привлек крупный полярный сурок, который на склоне обрыва около своей норы неторопливо занимался чисткой своей густой шерсти. Василий Иванович предлагал

членам полевого отряда попробовать расшевелить сурка легким покалыванием, но желаемого эффекта они не достигали. Видимо, людям и животным не хватало взаимного влечения к тесному контакту.

Такой контакт всегда полезен и при решении спорных вопросов между людьми. И Василий Иванович имел огромный опыт таких контактов в результате многочисленных заседаний ученых советов по защитам многочисленных диссертаций разным темам. Обладая природным юмором, он часто предлагал необходимые и взаимоприемлемые решения, благодаря которым возникали выводы, вполне удовлетворявшие комиссии ВАК. В целом работа диссертационного совета под руководством В. И. Бгатова на начальном этапе была чрезвычайно продуктивной и не вызвала никаких замечаний «сверху».

Необходимо также отметить его глубоко порядочное и целомудренное отношение к сотрудникам. Наиболее красноречиво об этом свидетельствует его решение предложить генеральному директору В. С. Суркову, после того как он ушел с должности руководителя подразделений твердых полезных ископаемых, назначить не Р. Г. Матухина, а В. С. Старосельцева, имевшего большой опыт поисков твердых полезных ископаемых, которые еще на начальном этапе его работ в Норильске успешно завершились открытием Талнахско-Октябрьского уникального месторождения медно-никелево-платиновых руд. А в институте он нередко помогал сотрудникам отделов твердых полезных ископаемых намечать рациональные направления поиска новых месторождений. К сожалению, В. С. Сурков с предложением своего бывшего заместителя не согласился. Не исключено, что именно это привело к многим сложностям в работе подразделений.

Нельзя не отметить, что Василий Иванович обладал прекрасным чувством юмора. Об этом, в частности, свидетельствует эпизод из его молодой жизни. Тогда он был в Игарке, которая вела обширную торговлю сибирским лесом. Сами понимаете, какой контингент трудился в этой отрасли: мягко говоря, очень разные молодые люди, в том числе и желающие отбирать деньги у нормально работающих. Несколько таких парней поздно вечером остановили Василия Ивановича в темном переулке и потребовали у него деньги. Круглолицый, в очках, в геологической робе он производил впечатление вполне подходящего для ограбления объекта. Он полез в нагрудный карман, сказав молодым людям, что сейчас достанет требуемые деньги. Вместо этого он извлек пистолет ТТ и щелкнул затвором, а потенциальные грабители мгновенно отреагировали соответствующим образом: скрылись в темноте игарских улиц, а Василий Иванович продолжил путь на полевую базу СНИИГГиМС.

В. С. Старосельцев, Т. А. Дивина



НАШИ АВТОРЫ

- БОЧКАРЕВ Владимир Савельевич**, НАО «Сибирский научно-аналитический центр» (НАО «СибНАЦ»), Тюмень, Россия, нач. отдела, к. г.-м. н. *E-mail: reception@sibsac.ru*
- ВЕТРОВ Евгений Валерьевич**, Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, завлабораторией, к. г.-м. н. *E-mail: Vetrovggdnso@yandex.ru*
- ВОЛЬВАХ Анна Олеговна**, Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева (ИГМ) СО РАН, Новосибирск, Россия, науч. сотр. *E-mail: sizikova@igm.nsc.ru*
- ВОЛЬВАХ Николай Евгеньевич**, Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева (ИГМ) СО РАН, Новосибирск, Россия, инженер. *E-mail: volvakh@igm.nsc.ru*
- ГИЛЕСПИ Джек**, Университет Аделаиды, Аделаида, Австралия, аспирант. *E-mail: jack.gillespie@adelaide.edu.au*
- ГЛОРИЕ Стеин**, Университет Аделаиды, Аделаида, Австралия, старший преподаватель. *E-mail: stijn.glorie@adelaide.edu.au*
- ГОШКО Елена Юрьевна**, Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, вед. науч. сотр., к. т. н. *E-mail: goshco@mail.ru*
- ГУСЕВ Анатолий Иванович**, Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет имени В. М. Шукшина, Бийск, Россия, д. г.-м. н., проф. *E-mail: anzerg@mail.ru*
- ДЕ ГРАВЕ Йохан**, Университет Гента, Гент, Бельгия, завлабораторией, PhD, проф. *E-mail: Johan.DeGrave@ugent.be*
- ЖИМУЛЕВ Федор Игоревич**, Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева (ИГМ) СО РАН, Новосибирск, Россия, завлабораторией, к. г.-м. н. *E-mail: zhimulev@igm.nsc.ru*
- ЗЫКИН Владимир Сергеевич**, Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева (ИГМ) СО РАН, завлабораторией, д.г.-м.н. *E-mail: zykina@igm.nsc.ru*
- ЗЫКИНА Валентина Семеновна**, Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева (ИГМ) СО РАН, Новосибирск, Россия, вед. науч. сотр., д.г.-м.н. *E-mail: zykina@igm.nsc.ru*
- КОТЛЯРОВ Алексей Васильевич**, Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева (ИГМ) СО РАН, Новосибирск, Россия, науч. сотр., к. г.-м. н. *E-mail: kot.aleks@gmail.com*
- КРАШЕНИНИН Виктор Федорович**, прииск «Центральный» АО «Куларзолото», Якутск, Республика Саха (Якутия), гл. геолог. *E-mail: viktorkrasheninina@yandex.ru*
- МАСЛОВ Дмитрий Викторович**, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука (ИНГГ) СО РАН, Новосибирск, Россия, инженер. *E-mail: MaslovDV@ipgg.sbras.ru*
- МАЦКО Наталья Аркадьевна**, Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» (ФИЦИУ) РАН, Институт системного анализа (ИСА) РАН, Москва, Россия, вед. науч. сотр., д.т.н. *E-mail: matsko@inbox.ru*
- МОИСЕЕВ Сергей Александрович**, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука (ИНГГ) СО РАН, Новосибирск, Россия, завлабораторией, к.г.-м.н. *E-mail: MoiseevSA@ipgg.sbras.ru*
- РЫЛЬКОВ Сергей Александрович**, Департамент по недропользованию по Уральскому федеральному округу («Уралнедра»), Екатеринбург, Россия, начальник, д. г.-м. н. *E-mail: ural@rosnedra.gov.ru*
- САДУР Олег Гареевич**, Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, ст. науч. сотр. *E-mail: sadur.oleg@sniiggims.ru*
- САПЬЯНИК Виктор Васильевич**, Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, нач. отдела, к. г.-м. н. *E-mail: sapjanik@sniiggims.ru*
- СТАРОСЕЛЬЦЕВ Валерий Степанович**, Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, науч. руководитель, д. г.-м. н., проф. *E-mail: stv@sniiggims@ru*
- ТАБАКАЕВА Евгения Михайловна**, Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет имени В. М. Шукшина, Бийск, Россия, науч. сотр., к. г.-м. н. *E-mail: tabakaeva16@mail*
- ТИХОНЕНКО Вячеслав Иванович**, Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, вед. геолог, к.г.-м.н. *E-mail: tihonenko@sniiggims.ru*
- ТОРОПОВА Татьяна Николаевна**, Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, вед. геолог. *E-mail: toropova@sniiggims.ru*
- ФОМИН Андрей Михайлович**, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука (ИНГГ) СО РАН, Новосибирск, Россия, ст. науч. сотр., к.г.-м.н. *E-mail: FominAM@ipgg.sbras.ru*
- ХАРИТОНОВА Маргарита Юрьевна**, Институт химии и химической технологии ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия, ст. науч. сотр., к.т.н. *E-mail: ritau@icct.ru, margaret.ok@yandex.ru*



OUR AUTHORS

- BOCHKAREV Vladimir**, PhD, NPJSC Siberian Scientific-Analytical Center (NAO «SibNATS»), Tyumen, Russia. *E-mail: reception@sibsac.ru*
- DE GRAVE Johan**, Department of Geology, Ghent University, Gent, Belgium, Head of MINPET Lab. *E-mail: Johan.DeGrave@ugent.be*
- FOMIN Andrey**, PhD, A.A.Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics (IPGG) SB RAS, Novosibirsk, Russia. *E-mail: FominAM@ipgg.sbras.ru*
- GILLESPIE Jack**, Tectonics, Resources and Exploration (TraX), Department of Earth Sciences, University of Adelaide, Adelaide, Australia, PhD-student. *E-mail: jack.gillespie@adelaide.edu.au*
- GLORIE Stijn**, PhD, Tectonics, Resources and Exploration (TraX), Department of Earth Sciences, University of Adelaide, Adelaide, Australia, senior lector. *E-mail: stijn.glorie@adelaide.edu.au*
- GOSHKO Elena**, PhD, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: goshco@mail.ru*
- GUSEV Anatoliy**, DSc, Prof., the Shukshin Altai State Humanities Pedagogical University, Biysk, Russia. *E-mail: anzerg@mail.ru*
- KHARITONOVA Margarita**, Institute of Chemistry and Chemical Technology FRC KRC SB RAS, Krasnoyarsk, Russia. *E-mail: ritau@icct.ru, margaret.ok@yandex.ru*
- KOTLYAROV Aleksey**, Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia. *E-mail: kot.aleks@gmail.com*
- KRASHENININ Viktor**, Tsentralny Placer, AO Kularzoloto, Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russia. *E-mail: viktorkrashenin@yandex.ru*
- MASLOV Dmitriy**, A.A.Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics (IPGG) SB RAS, Novosibirsk, Russia. *E-mail: MaslovDV@ipgg.sbras.ru*
- MATSKO Nataliya**, DSc, Federal Research Center “Computer Science and Control” Russian Academy of Science Institute for Systems Analysis RAS, Moscow, Russia. *E-mail: matsko@inbox.ru*
- MOISEEV Sergey**, PhD, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics (IPGG) SB RAS, Novosibirsk, Russia. *E-mail: MoiseevSA@ipgg.sbras.ru*
- RYLKOV Sergey**, DSc, Department for Subsoil Use of the Ural Federal District (“Uralnedra”), Yekaterinburg, Russia. *E-mail: ural@rosnedra.gov.ru*
- SADUR Oleg**, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: sadur.oleg@sniiggims.ru*
- SAPYANIK Viktor**, PhD, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia. *E-mail: sapjanik@sniiggims.ru*
- STAROSELSEV Valeriy**, DSc, Prof., Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: stv@sniiggims@ru*
- TABAKAEVA Evgeniya**, PhD, the Shukshin Altai State Humanities Pedagogical University, Biysk, Russia. *E-mail: tabakaeva16@mail.ru*
- TIKHONENKO Vyacheslav**, PhD, Siberian Research Institut of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: tihonenko@sniiggims.ru*
- TOROPOVA Tatyana**, PhD, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: toropova@sniiggims.ru*
- VETROV Evgeny**, PhD, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: Vetrovggdn@yandex.ru*
- VOLVAKH Anna**, V.S.Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia. *E-mail: sizikova@igm.nsc.ru*
- VOLVAKH Nikolay**, V.S.Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia. *E-mail: volvakh@igm.nsc.ru*
- ZHIMULEV Fedor**, PhD, V.S.Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia. *E-mail: zhimulev@gmail.com, zhimulev@igm.nsc.ru*
- ZYKIN Vladimir**, V.S.Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia. *E-mail: zykina@igm.nsc.ru*
- ZYKINA Valentina**, DSc, V.S.Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia. *E-mail: zykina@igm.nsc.ru*

Подписано в печать 10.09.18. Формат 60×84/8. Бумага офсетная 80 г/м². Печать цифровая.
Тираж 100 экз. Гарнитура Calibri. Объем 13,02 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