



Содержание

Научные статьи

Гидрогеологические предпосылки нефтеносности Кизильской зоны Южного Урала <i>В. Г. Попов, Р. Ф. Абдрахманов</i>	3	Взаимоотношения карбонатного паравтохтона и сланцевого аллохтона Пай-Хоя (Югорский полуостров) <i>А. А. Романов, А. В. Журавлев</i>	22
Петрофизическая зональность в структурно- вещественных комплексах севера Урала <i>Т. А. Пономарева</i>	8	Минералого-технологические особенности ильменит-лейкокситовых руд Пижемского месторождения (Средний Тиман) <i>А. В. Понарядов</i>	29
Типоморфные особенности гранатов из среднеплейстоценовых тиллов севера и юга Тимано-Печоро-Вычегодского региона <i>Л. Н. Андреичева, М. Н. Буравская</i>	16		

Хроника, события, факты

Сыктывкарское отделение Российского минералогического общества: Минералогический семинар — 2016.....	37	Геологический семинар	40
Есть такая профессия — диссертацию защищать... ..	38	Василий Михайлович Сеньюков.....	41
		Памяти друга	44

Хроника

23–26 января — состоялись защиты кандидатских диссертаций:
Юлии Валерьевны Михайленко на тему: «Особенности строения и состав каруярвинской свиты кильдинской серии рифеид полуострова Средний (северное обрамление Кольского полуострова)».
Артура Зуфаровича Ахметшина на тему: «Геологические основы освоения сверхвязкой нефти в нижнепермских и уфимских отложениях центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции».
Наталии Александровны Матвеевой на тему: «Строение и условия образования фаменских карбонатных отложений Центрально-Хорейверской рифогенной зоны».
Владимира Николаевича Матвеева на тему: «Силурийские строматолиты поднятия Чернова и западного склона Приполярного Урала».
Марины Анатольевны Соболевой на тему: «Конодонты и биостратиграфия франского яруса Приполярного и Полярного Урала».
Артема Николаевича Плотицына на тему: «Конодонты и стратиграфия верхнефаменско-турнейских отложений севера Урала и гряды Чернышева».
Михаила Владимировича Сначева на тему: «Геология амурского стратиформного цинкового месторождения».
Татьяны Анатольевны Каневой на тему: «Петрология позднекембрийских магматических образований Северо-Западного Пай-Хоя».
28 января — 30 лет трудовой деятельности руководителя лаборатории технологии минерального сырья д. г.-м. н. Ольги Борисовны Котовой.

Главный редактор А. М. Асхабов, зам. главного редактора О. Б. Котова,
ответственный секретарь Т. М. Безносова, тех. редактор Г. Н. Каблис, зав. редакцией Т. А. Некучаева

Редакционный совет — 2016:

<i>А. И. Антошкина</i> , Сыктывкар, Россия	<i>С. В. Кривовичев</i> , Санкт-Петербург, Россия
<i>М. А. Т. М. Брокманс</i> , Тронхейм, Норвегия	<i>С. К. Кузнецов</i> , Сыктывкар, Россия
<i>И. Н. Бурцев</i> , Сыктывкар, Россия	<i>М. Мартинс</i> , Ору-Прету, Бразилия
<i>Д. А. Бушнев</i> , Сыктывкар, Россия	<i>Т. П. Майорова</i> , Сыктывкар, Россия
<i>Ю. Л. Войтеховский</i> , Апатиты, Россия	<i>Ж. К. Мелгарехо</i> , Барселона, Испания
<i>А. Д. Гвишиани</i> , Москва, Россия	<i>Ф. Мон</i> , Пекин, Китай
<i>Н. Н. Герасимов</i> , Сыктывкар, Россия	<i>П. Мянник</i> , Таллин, Эстония
<i>И. В. Козырева</i> , Сыктывкар, Россия	<i>А. М. Пыстин</i> , Сыктывкар, Россия
<i>М. Комак</i> , Любляна, Словения	<i>К. М. Соджа</i> , Гамильтон, Нью-Йорк, США
<i>Р. И. Конеев</i> , Ташкент, Узбекистан	<i>О. В. Удортатина</i> , Сыктывкар, Россия
<i>В. А. Коротеев</i> , Екатеринбург, Россия	<i>М. А. Федонкин</i> , Москва, Россия



Content

Scientific articles

Hydrogeological prerequisites of Kizil oil-region in the Southern Urals <i>V. G. Popov, R. F. Abdrahmanov</i>	3	The relationship of the shale allochthon and carbonate parautochthon of Pay-Khoy (Ugra Peninsula) <i>A. A. Romanov, A. V. Zhuravlev</i>	22
Geophysical characteristics of geotectonic rock complexes of the Northern Urals <i>T. A. Ponomareva</i>	8	Minerals and processing features of ilmenite-leucoxene ores of Pizhenskoe deposit, Middle Timan <i>A. V. Ponaryadov</i>	29
Typomorphic features of garnets from the Middle Neopleistocene tills in the north and south of Timan-Pechora-Vychegda region <i>L. N. Andreicheva, M. N. Buravskaya</i>	16		

Chronicle, events, facts

Syktyvkar branch of the Russian Mineralogical Society: Mineralogical seminar — 2016.....	37	Geological seminar.....	40
Defending dissertation is our mission.....	38	Senyukov Vasily Mikhailovich.....	41
		In memory of the friend.....	44

Chronicle

January 23–26 — PhD defenses:
 Yulia Valeryevna Mikhaylenko on the theme: «Structural characteristics and composition of karuyarvinskaya formation kildinskaya rifeid series from Sredny peninsula (northern periphery of the Kola peninsula)».
 Arthur Zufarovich Akhmetshin on the theme: «Geological basis of development of superheavy oil in the Lower Permian and ufimian deposits in the central part of Volga-Ural province».
 Natalia Alexandrovna Matveeva on the theme: «Structure and conditions of Formation of famennian carbonate deposits of central Khoreyver reef zone».
 Vladimir Nikolaevich Matveev on the theme: «Silurian stromatolites from Chernyshev ridge and western slope of the Polar Urals».
 Marina Anatolyevna Soboleva on the theme: «Conodonts and biostratigraphy of Frasnian Subpolar and Polar Urals».
 Artem Nikolaevich Plotitsyn on the theme: «Conodonts and stratigraphy of Upper Famennian-Tournasian deposits in the Northern Urals and Chernyshev ridge».
 Mikhail Vladimirovich Snachev on the theme: «Geology of Amur stratiform zinc deposit».
 Tatiana Anatolyevna Kaneva on the theme: «Petrology of Late Precambrian magmatic formations of northwestern Pay-Khoy».
 January 28 — 30 years of work of the Head of Mineral Raw Technology laboratory DSc Olga Borisovna Kotova.

Chief Editor A. M. Askhabov, **Deputy Chief Editor** O. B. Kotova,
Executive Editor T. M. Beznosova, **Technical Editor** G. N. Kablis, **Managing Editor** T. A. Nekuchaeva

2016 Editorial Board:

Anna I. Antoshkina, Syktyvkar, Russia
Maarten A.T.M. Broekmans, Trondheim, Norway
Igor N. Burtsev, Syktyvkar, Russia
Dmitry A. Bushnev, Syktyvkar, Russia
Yury L. Voytekhoysky, Apatity, Russia
Alexey D. Gvishiani, Moscow, Russia
Nikolay N. Gerasimov, Syktyvkar, Russia
Irina V. Kozyreva, Syktyvkar, Russia
Marko Komac, Ljubljana, Slovenia
Rustam I. Koneev, Tashkent, Uzbekistan
Viktor A. Koroteev, Ekaterinburg, Russia

Sergey V. Krivovichev, Saint Petersburg, Russia
Sergey K. Kuznetsov, Syktyvkar, Russia
Maximiliano de Souza Martins, Ouro Preto, Brazil
Tatyana P. Mayorova, Syktyvkar, Russia
Joan Carles Melgarejo, Barcelona, Spain
Fancong Meng, Beijing, China
Peep Mannik, Tallinn, Estonia
Alexander M. Pystin, Syktyvkar, Russia
Constance M. Soja, Hamilton, NY, USA
Oksana V. Udoratina, Syktyvkar, Russia
Mikhail A. Fedonkin, Moscow, Russia



ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ НЕФТЕНОСНОСТИ КИЗИЛЬСКОЙ ЗОНЫ ЮЖНОГО УРАЛА

В. Г. Попов^{1, 2}, Р. Ф. Абдрахманов²

¹Южно-Российский государственный политехнический университет, Новочеркасск

popovvg@novoch.ru

²Институт геологии Уфимского научного центра РАН, Уфа

hydro@ufaras.ru

В статье в основном с гидрогеологических позиций обсуждается дискуссионная проблема нефтеносности Кизильской структурно-фациальной зоны Магнитогорского мегасинклинория Южного Урала. В основу её положены результаты глубокого (до 5010 м) нефтепоискового бурения на Уральском профиле с привлечением информации по рудным и гидроминеральным месторождениям. Выполнен анализ глубинной гидрогеохимической зональности и изложены представления авторов, касающиеся формирования и генезиса подземных вод. Показано, что пресные кислородно-азотные воды на глубинах > 1000 м сменяются солёными водами, а на глубинах > 2000–3000 м — метановыми рассолами хлоркальциевого типа. Они связаны с трещинными коллекторами осадочных и вулканогенно-осадочных толщ карбона, находятся в условиях весьма затруднённого гидрогеодинамического режима и от воздействия гипергенных факторов экранированы региональными надвигами. Рассолы являются продуктом седиментогенеза в каменноугольных эвапоритовых палеобассейнах и последующей метаморфизации в породах за счёт эпигенетических процессов. Тангенциальные силы не только определили стиль тектоники и гидрогеодинамику Южного Урала, но и сыграли ключевую роль в формировании фильтрационно-ёмкостных свойств горных пород. Перспективы нефтеносности Кизильской зоны связываются с погребённой антиклинальной структурой, особенно с её восточной поднадвиговой частью. Проведение нефтепоисковых работ затруднено в связи с анизотропностью и невыдержанностью коллекторов трещинного типа.

Ключевые слова: Южный Урал, Кизильская зона, гидрогеологические условия, нефтеносность.

HYDROGEOLOGICAL PREREQUISITES OF KIZIL OIL-REGION IN THE SOUTHERN URALS

V. G. Popov^{1, 2}, R. F. Abdrahmanov²

¹Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

²Institute of Geology, Ufa Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Ufa

The article discusses a debatable problem of oil-bearing Kizil structural facies zone of Magnitogorsk megasinclorium in Southern Urals from a hydrogeological point of view. The discussion is based on the results of exploration deep drilling (up to 5010 m) in the Urals profile involving information on ore and hydromineral deposits. We present the analysis of the abyssal hydrogeochemical zoning and our ideas concerning the formation and genesis of ground waters. We showed that the oxygen-nitrogen fresh waters at the depth of more than 1000 m were replaced by salty waters and > 2000–3000 m — by methane brines of chlorine-calcium type. They are associated with fractured reservoirs of sedimentary and volcanic-sedimentary Carboniferous strata and occur in a very complex hydrogeodynamic regime and shielded from the effects of supergene factors by regional thrusts. The brines are the product of sedimentation in Carboniferous evaporite paleobasins and subsequent metamorphism in the rocks due to epigenetic processes. The tangential forces affected not only the style of tectonics and hydrogeodynamics of the Southern Urals, but also played a key role in the formation of filtration-capacitive properties of the rocks. The prospects of the oil-bearing zones are associated with Kizil buried anticlinal structure, particularly with its eastern subthrust part. The exploration works are complicated due to anisotropism and irregular fractured reservoirs.

Keywords: Southern Urals, Kizil zone, hydrogeological conditions, oil.

Введение

Издавна утвердились представления об орогенных областях в целом и на Урале в частности как открытых одностациональных гидрогеологических структурах, в которых под воздействием гипергенных факторов сформировалась мощная (до 1000 м и более) зона кислородно-азотных пресных вод. Ниже зоны выветривания монолитные образования считались водоупорами за исключением локальных зон разломов, заключающих скопления напорных трещинно-жильных обычно маломинерализованных вод различного газового состава. Гидрогеологическая обстановка в орогенах, подвергшихся, как полагалось, глубокому промыву инфильтрационными водами, была признана неблагоприятной для сохранения залежей нефти и газа.

Однако в последние десятилетия в результате бурения глубоких скважин (параметрических, рудо-, нефтепоисковых и др.) получены данные, указывающие на то, что горные страны не являются одностациональными в гидрогеологическом отношении структурами [3].

Заключенные в их недрах газово-жидкие флюиды имеют не только широтную и высотную геохимическую поясность, но и глубинную зональность. Под зоной пресных вод были обнаружены солёные и рассольные воды, о природе которых высказаны различные точки зрения: выщелачивание солевого комплекса пород, захоронение седиментогенных и метаморфогенных вод, внедрение по зонам разломов рассолов из сопредельных платформенных структур, поступление талассогенных вод древних и современных бассейнов осадконакопления и др.

Как бы то ни было, наличие этих литосферных растворов стало восприниматься не как аномальное, а как закономерное явление, отражающее сущность нормальной гидрогеологической зональности, относящейся к категории фундаментальных свойств земной коры. Гидрогеохимические показатели и собственно данные по динамике подземных вод легли в основу глубинной гидрогеодинамической зональности. В складчатых областях стали выделять не только зону интенсивной цирку-

ляции, но также зоны затруднённого водообмена и застойного гидрогеодинамического режима с минерализованными водами различного геохимического облика и происхождения. В настоящее время складчатые области рассматриваются как результат сложного взаимодействия в пространстве и во времени различных типов гидрогеологических структур, проявления в истории их развития магматизма и метаморфизма, седиментогенеза и постседиментационных процессов в гетерогенной многокомпонентной системе «вода — порода — газ — ОВ», играющих исключительно важную роль в жизни подземных вод.

Несмотря на осторожные и, более того, негативные оценки нефтегазоносности Южного Урала, он с давних пор привлекал внимание специалистов (И. М. Губкин, В. К. Шихмуратов, М. А. Камалетдинов, Б. М. Юсупов, И. А. Тагиров, В. С. Афанасьев, Т. Т. Казанцева и др.). Особый интерес при этом вызывали сложенные мощными толщами палеозоя Западно-Уральская зона складчатости, Зилаирский и Магнитогорский синклинии, где в разные годы проводились поисково-разведочные работы на нефть и газ.

В нашей статье обсуждаются недостаточно изученные вопросы, касающиеся гидрогеологических условий Кизильской зоны в связи с нефтеносностью. Они носят дискуссионный характер, поскольку взгляды исследователей на роль подземных вод в сохранении залежей УВ в недрах Южного Урала крайне неоднозначны.

Литолого-структурная характеристика

Кизильская структурно-фациальная зона (синформа) расположена в центральной части Магнитогорского мегасинклинория, надвинутого по Главному Уральскому разлому на структуры Центрально-Уральской мегазоны [6]. Она вытянута в субмеридиональном направлении на 150–200 км при ширине до 20 км и выполнена мощными (> 5000 м) осадочными и вулканогенно-осадочными

толщами каменноугольного возраста. От сопредельных Уртазымской (на западе) и Магнитогорской (на востоке) зон Кизильская синформа отделена высокоамплитудными (тысячи метров) надвигами. Внутреннее строение её осложнено многочисленными складками, подчинёнными надвигам с меньшей (сотни метров) амплитудой. Геологический разрез палеозоя, по данным глубокого (до 5010 м) бурения на Уральском профиле, снизу вверх представлен зилаирской, берёзовской, кизильской и уртазымской свитами (рис. 1).

Зилаирская свита ($D_3fm-C_1t\ zl$) мощностью около 1000 м сложена терригенно-карбонатным флишем — песчаниками, алевролитами, сланцами, конгломератами с подчинёнными прослоями известняков.

Берёзовская свита ($C_1v_2\ br_2-C_1t_2\ br_1$) состоит из 2 частей. В нижней ($C_1t_2-v_1\ br_1$) развиты туфопесчаники, алевролиты, углисто-глинистые сланцы с прослоями углей, диабазов и известняков, а в верхней ($C_1v_2\ br_2$) — диабазы, спилиты и их туфы, лавовые брекчии с линзами известняков. Мощность свиты в среднем составляет 1300 м, в том числе битуминозных известняков до 120 м.

Кизильская свита ($C_1v_2-s\ kz$) представлена нормальной морской (рифогенные битуминозные известняки и мергели) и осолонённой (загипсованные доломиты) фациями, в меньшей степени терригенными (песчаники, алевролиты, конгломераты) и эффузивными (диабазы) породами мощностью > 3000 м. Верхняя аллохтонная часть свиты имеет форму синклинали, а нижняя поднадвиговая — пологой антиклинали.

Уртазымская свита ($C_2b-m\ ur$) сложена терригенно-карбонатной флишевой формацией — известняками, известковистыми и загипсованными песчаниками, конгломератами, глинистыми сланцами мощностью 750 м.

Янгельская свита (C_3-P_1) сохранилась в северной части Кизильской структуры. Ее слагают терригенные (песчаники, алевролиты, аргиллиты, конгломераты) и карбо-

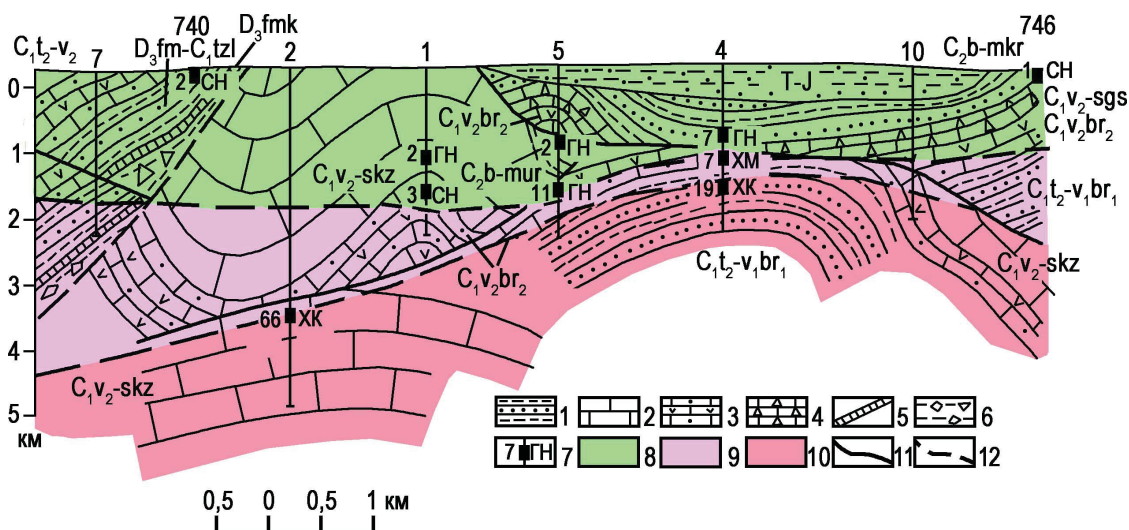


Рис. 1. Схематический гидрогеохимический разрез Кизильской зоны (геологическая основа по [2]): 1 — песчаники, алевролиты, аргиллиты; 2 — известняки; 3 — туфопесчаники, туфы; 4 — кремнистые известняки; 5 — кремни; 6 — брекчированные породы; 7 — скважина. Обозначения: слева — М воды (г/дм³), справа — гидрогеохимический тип (ГН — гидрокарбонатно-натриевый, СН — сульфатно-натриевый, ХМ — хлормagneзиевый, ХК — хлоркальциевый); 8–10 — гидрогеохимические зоны: 8 — пёстрого состава (М до 5–10 г/дм³), 9 — Cl-Na (М 10–36 г/дм³), 10 — Cl-Na-Ca (М 36–320 г/дм³); 11 — надвиги; 12 — гидрогеохимическая граница

Fig. 1. Schematic hydrogeochemical section of Kizil zone (geological basis according to [2]): 1 — sandstones, siltstones, argillites; 2 — limestones; 3 — tuff sandstones, tufts; 4 — siliceous limestones; 5 — silica; 6 — brecciated rocks; 7 — borehole. Legend: left — M water (g/dm³), right — hydrogeochemical type (ГН — hydrocarbonate-sodium, CH — sulphate-sodium, XM — chlorine-magnesium, XK — chlorine-calcium); 8–10 — hydrogeochemical zones: 8 — variegated composition (M up to 5–10 g/dm³), 9 — Cl-Na (M 10–36 g/dm³), 10 — Cl-Na-Ca (M 36–320 g/dm³); 11 — thrusts; 12 — hydrogeochemical boundary



натные (известняки, мергели, доломиты) породы с прослоями гипсов и ангидритов общей мощностью 500–700 м.

Триасово-юрская (Т-Ю) терригенная молассовая формация мощностью до 500 м занимает восточную часть зоны, где залегает с несогласием на нижнем карбоне.

В восточной части Кизильской зоны выделяется крупная аллохтонная пластина толщиной до 1500 м, сложенная верхнетурне-визейскими осадками в составе берёзовской ($C_1v_2br_2-C_1t_2br_1$), гусихинской (C_1v_2-sgs) и кардаиловской (C_2b-mkr) свит, содержащих битуминозные известняки и песчаники с растительными остатками [2].

Фациальный состав нижекаменноугольных осадков претерпевает изменения в восточном направлении по мере увеличения глубокководности бассейна. Так, терригенно-карбонатно-эффузивные породы берёзовской свиты и рифогенные известняки кизильской свиты к востоку сменяются кремнисто-карбонатными осадками.

В направлении фациальной изменчивости в породах увеличивается содержание $ОВ$ ($C_{ор_2}$) и битумоидов. Геохимические исследования «БашНИПИнефти» показали, что наиболее обогащены ими (соответственно до 1.44 и 0.47 %) глинистые известняки и мергели кизильской свиты в поднадвиговой части разреза. В известняках берёзовской свиты количество $ОВ$ составляет 0.3–0.73 %, а битумоидов 0.01–0.015 %, тогда как в вулканогенно-осадочных образованиях их на один-два порядка меньше. Потенциально нефтепроизводящие песчано-глинистые и карбонатно-глинистые породы развиты также в зилаирской и уртазымской свитах. Общая мощность потенциально нефтегенерирующих пород в каменноугольном разрезе увеличивается с запада на восток от 180 (скв. 2) до 720 (скв. 10) м и составляет ~ 10 % всей мощности вскрытого разреза.

В связи с этим важно обратить внимание на многочисленные нефте- и битумопроявления в палеозойских отложениях Кизильской синформы. Они встречаются в виде примазок, прожилков и капелек в разной степени окисленной нефти и твёрдых битумов в трещинах и кавернах всех стратиграфических подразделений палеозоя, но наиболее часто — в пустотах кизильских известняков. Нефтепроявления приурочены не только к глубоким частям разреза, но к его верхним частям (до 1000–1200 м). Иногда они проявляются на поверхности (уртазымские конгломераты на берегу оз. Мартышечье). Это указывает на вторичное происхождение $УВ$ в результате восходящей миграции. В геотектоническом отношении наибольший интерес для нефтепоисковых работ вызывает погребённая антиклинальная структура, особенно её восточная часть [2].

Гидрогеодинамические особенности

Кизильская зона в структурно-гидрогеологическом отношении является адартезианским бассейном, вмещающим скопления трещинных, трещинно-карстовых и в меньшей степени порово-пластовых вод в карбонатных и сильно литифицированных терригенных породах. Зона экзогенной трещиноватости (60–150 м) представляет собой типичную инфильтрационную систему, дренаж которой происходит в гидрографическую сеть и нижележащую гидрогеодинамическую зону под действием гидростатического фактора. С глубиной частота и ширина трещин уменьшается, что влечёт за собой снижение основных гидрогеодинамических параметров — коэффициентов фильтрации (K_f) и водопроницаемости (K_m) (рис. 2).

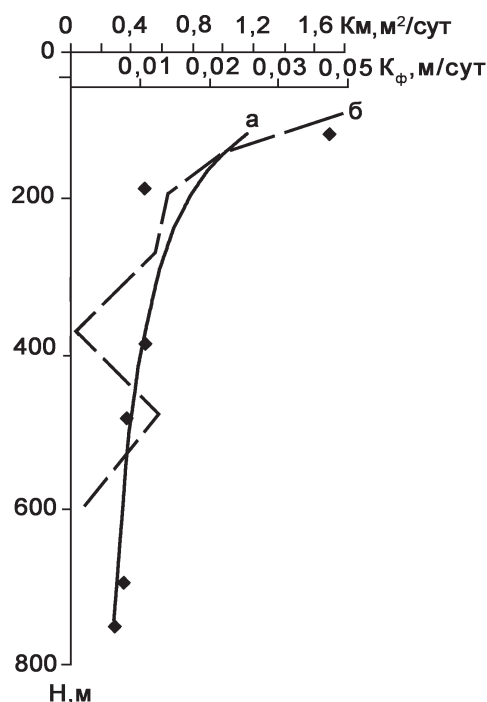


Рис. 2. Изменение с глубиной величин K_m (а) и K_f (б) вулканогенно-осадочных пород на Подольском и Петропавловском рудных полях Южного Урала (по [4, 7], с изменениями)

Fig. 2. Changing values K_m (a) and K_f (б) of volcanic-sedimentary rocks in Podolsk and Petropavlovsk ore fields of the Southern Urals with the depth (according to [4, 7], as amended)

На глубинах > 200 м, в зоне затруднённого водообмена на общем фоне довольно низких фильтрационных свойств пород наблюдается чередование более и менее проницаемых интервалов, которые могут быть интерпретированы как водоносные и относительно водоупорные разности пород. Причём *какая-либо связь между проницаемостью и литологией отсутствует, т. е. одна и та же порода в зависимости от характера и степени трещиноватости может быть как водопроницаемой, так и водоупорной*. К тому же отдельные интервалы разреза имеют разную величину напора, что указывает на их относительную гидрогеодинамическую автономность и сложную гидравлическую взаимосвязь. В подобной ситуации *водно-физические свойства сильно литифицированных пород контролируются не геостатическими, а тектоническими (геодинамическими) силами, которые действуют главным образом в горизонтальном направлении и формируют напряжённое состояние пород* [2, 7, 8]. Исходя из этого можно судить о *фильтрационной расслоенности отложений — производной от тектонической расслоенности литосферы под влиянием тангенциальных напряжений* [6].

Фильтрационная анизотропность пород, вызванная тектоническим фактором, свойственна и более глубоким частям разреза. На это указывают локальные поглощения промывочной жидкости, нефте- и водопроявления в скважинах Уральского профиля. Как и в зоне гипергенеза, они не имеют какой-либо определённой стратиграфической приуроченности. *Но наиболее трещиноваты карбонатные породы в тектонически ослабленных зонах и сводах антиклинальных складок*.

Приведём некоторую аргументацию. В скважине 2 при бурении рифогенных известняков кизильской свиты отмечены интенсивные поглощения промывочной жидкости на глубине 1248 м, в интервале 2910–2940 м и на глубинах 3085 и 4195 м. Из интервалов 2786–2815 и 3856–

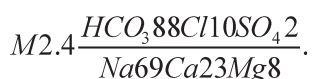


3932 м получены притоки воды Cl-Ca-типа. В скважине 4 приток воды составил 62.4 м³/сут; в ней выявлены три пласта-коллектора в кизильской и берёзовской свитах (1274–2120 м). Бурение сверхглубокой скважины СГ-4 на севере Тагило-Магнитогорского прогиба показало, что трещиноватость и проницаемость пород развиты до глубин 4000 и даже 6000 м [4]. В существующих РТ-условиях Урала наличие жидких гравитационных вод на столь больших глубинах связывается с дизъюнктивными нарушениями, зонами тектонического расщепления под влиянием тангенциальных сил и др. Часть пустот, вероятно, имеет палеокарстовую природу.

Вместе с тем, говоря о сохранении залежей УВ в недрах Урала, надо иметь в виду, что энергетика его рельефа, контролирующая гидрогеодинамические процессы, ограничивает глубину проникновения инфильтрационных вод 1000–1500 м. Это касается и Кизильской синформы, западным обрамлением которой служит хр. Уралтау с абсолютными отметками 600–800 м. К примеру, передовые складки Южного Урала примерно такого же гипсометрического положения (абс. отм. 500–700 м) определяют гидрогеологические условия только верхней части осадочного чехла Предуральского прогиба [1]. На глубинах > 1500–2000 м отложения карбона и девона насыщены рассолами Cl-Ca-типа с минерализацией (М) 250–280 г/дм³. С ними ассоциируются нефтяные и газовые месторождения (Кинзебулатовское, Ишимбайское, Беркутовское и др.). Залежи УВ известны в недрах и самого Западного Урала (Ветосская, Исаневская, Сурсайская и др.).

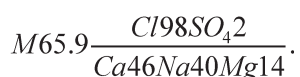
Геохимия и генезис глубинных подземных вод

В зоне гипергенеза формирование химического состава подземных вод осуществляется под совокупным влиянием процессов континентального засоления, растворения карбонатных и гидролиза алюмосиликатных пород [1]. В результате формируются воды пёстрого состава, чаще всего сульфатно-натриевого типа (по классификации В. А. Сулина) с М обычно < 3–5 г/дм³. На глубинах 1152–1649 м в слагающих аллохтон уртазымской, кизильской и берёзовской свитах уральскими скважинами 1, 5 и 4 вскрыты HCO₃-Ca-Na-, HCO₃-Cl-Na-, SO₄-Cl-Na- и Cl-Na- воды с М до 14 г/дм³ (рис. 1). Они принадлежат гидрокарбонатно-натриевому, иногда сульфатно-натриевому и хлормagneиевому типам. Иллюстрацией служит формула химического состава воды кизильской свиты, выведенной скважиной 1 из интервала 1500–1606 м:

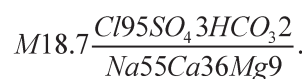


Это инфильтрационные растворы, формирующиеся в зоне затруднённого водообмена за счёт экстракции из пород морских солей и глубокой переработки алюмосиликатного вещества под влиянием длительных обменно-абсорбционных процессов.

В поднадвиговой части разреза геохимия подземных вод претерпевает кардинальные изменения. Скважиной 2 при испытании на приток интервала 3856–3932 м из кизильских известняков были получены высокометаморфизованные (rNa/rCl = 0.41) Cl-Na-Ca-рассолы следующего состава:



Воды хлоркальциевого типа установлены и скважиной 4 в берёзовских известняках и туфоалевролитах, залегающих под аллохтоном на глубинах 2020–2120 м:

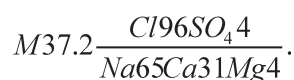


Заслуживает внимания наличие NH₄⁺, В⁺ и повышенная концентрация Br⁻ (51.8 мг/дм³), близкая к таковой в морской воде (65 мг/дм³) с нормальной солёностью (36 г/дм³). Судя по величинам отношений rNa/rCl (0.59) и Cl/Br (196)¹, эти воды, как и воды скважины 2, являются седиментогенными рассолами, сильно разбавленными буровым раствором². Исходными для них являются рассолы каменноугольного эвапоритового бассейна, захороненные в породах и претерпевшие в них прямую метаморфизацию (с образованием CaCl₂) главным образом в результате процессов доломитизации [5]: 2CaCO₃ (известняк) + MgCl₂ (рассол) = CaCO₃×MgCO₃ (доломит) + CaCl₂ (рассол).

Примечательно, что в интервале 1274–2020 м скважины 4 с глубиной происходит смена вод гидрокарбонатно-натриевого типа хлормagneиевым и хлоркальциевым типами.

Наличие в Кизильской синформе рассолов, хемогенных доломитов и гипсоносных пород даёт основание для выделения в глубоких (2000–4000 м) поднадвиговых частях каменноугольного разреза зоны Cl-Ca-рассолов (рис. 1). Это заключение вытекает из теории галогенеза (Н. С. Курнаков, Я. Г. Вант-Гофф, М. Г. Валяшко и др.), согласно которой сгущение морской воды в эвапоритовых бассейнах сопровождается последовательным осаждением солей при М (г/дм³): 15–85 — известняков, 85–150 — доломитов, 150–320 — гипсов, > 320 — галита, карналлита, бишофита вплоть до эвтоники. В этом контексте нелишне указать, что зона Cl-Ca-рассолов с М до 320 г/дм³ развита в нефтеносных комплексах нижнего карбона—среднего девона Волго-Уральского НГБ.

Наличие талассогенных рассолов подтверждается также Cl-Ca-Na, Cl-Mg-Ca, SO₄-Cl-Ca-Na и более сложными по составу водами Cl-Ca-типа (М до 37 г/дм³) в терригенных гипсоносных фациях янгельской свиты в районе оз. Мулдаккуль:



Эти воды вскрыты на глубине 100–500 м в зоне разлома, по которому из нижнего карбона происходит восходящая разгрузка метаморфизованных Cl-Ca седиментогенных рассолов. На глубинную (> 1000 м) природу их указывают высокие концентрации Ne — до 3×10⁻² см³/дм³ (при фоновых значениях 5×10⁻⁵ см³/дм³), наличие Br⁻ (до 34 мг/дм³), I⁻ (до 2 мг/дм³) и В⁺ (8.0 мг/дм³), а также изотопный состав Н и О₂ (δD‰ = –101...–78, δ¹⁸O‰ = –11...–13) [1].

На рудных месторождениях Тагило-Магнитогорского прогиба (Подольском, Теченском, Естюнинском и др.) на глубинах 780–1235 м в эффузивной формации девона уста-

¹В геохимическом эталоне — морской воде — rNa/rCl = 0.85, Cl/Br = 300.

²Даже при очень сильном разбавлении растворы сохраняют величины rNa/rCl и Cl/Br исходных рассолов. Это положение помогает генетической диагностике природно-техногенных водных смесей.



новлены солёные Cl-Na- и Cl-Ca-Na-воды с M 3–11 г/дм³, содержанием Br⁻ 59.3, I⁻ 1.7 мг/дм³, газами углеводородного состава ($CH_4 + TU = 70.1\%$). Они имеют геохимический облик талассогенных растворов, в разной степени изменённых за счёт эпигенетических процессов. Невысокая M объясняется разубоживанием седиментогенных рассолов, проникших в рудовмещающие эффузивы из окружающих осадочных пород, метеогенными водами. Косвенные данные о геохимии глубинных вод получены в ранее упоминавшейся скважине СГ-4. В буровом растворе и водных вытяжках из образцов эффузивно-осадочной толщи сибура, залегающей в интервале 3057–5337 м, обнаружена соль $CaCl_2$, что может быть истолковано как наличие в породах литогенных вод Cl-Ca-типа.

Выводы

Гидрогеологические данные в нефтегазопромысловой геологии используются в качестве косвенных показателей нефтеносности, поскольку позволяют судить не столько о наличии залежей УВ, сколько о степени закрытости недр от воздействия гипергенных факторов или, иначе говоря, о физико-химических условиях сохранения нефтяных скоплений. Установлено, что глубокозалегающие (2000–4000 м) терригенно-карбонатные среды Кизильской структурно-фациальной зоны Южного Урала отнюдь не промыты пресными водами, как это считалось ранее. Они содержат метановые рассолы Cl-Ca-типа, содержащие спектр галофильных и биогенных элементов. Глубокие недра орогена экранированы от воздействия гипергенных факторов региональными надвижами, обеспечившими квазистационарный гидрогеодинамический режим и наличие седиментогенных рассолов. Подобные рассолы являются основным геохимическим типом вод нефтяных месторождений в эпикарьельских Волго-Уральском, Печорском и Прикаспийском НГБ.

Тангенциальные силы не только определили стиль тектоники и гидрогеодинамическую изолированность глубоких недр Кизильской структуры, но также сыграли ключевую роль в формировании фильтрационно-ёмкостной анизотропности литифицированных пород. Вследствие этого одни и те же породы, независимо от литологии и стратиграфической принадлежности, могут быть как коллекторами газовой-жидких флюидов, так и флюидупорами.

В существующих структурно-тектонических и литолого-фациальных условиях Кизильской зоны даже при наличии многочисленных нефтепроявлений не следует ожидать в литифицированных осадочных и вулканогенно-осадочных породах карбона крупных нефтяных залежей порово-пластового или порово-пластово-массивного типов, свойственных платформенным НГБ. Здесь помимо ловушек сводового типа интерес могут представить зоны тектонического расщепления, залегающие среди плохо проницаемых разностей пород, а также тектонически экранированные залежи. В любом случае коллекторские свойства пород будут определяться не пористостью, а трещиноватостью и в известных случаях кавернозностью. Поиски локальных резервуаров УВ, сложенных этими неоднородными в фильтрационно-ёмкостном отношении средами, сопряжены со значительными трудностями. По гидрогеологическим и геотектоническим данным наиболее перспективна восточная погребённая часть антиклинальной структуры Кизильской зоны.

В современной печати обсуждаются вопросы нефтегазоносности не только Магнитогорского синклинария, но

и других структурно-тектонических зон Урала, в частности Западно-Уральской зоны складчатости, Зилаирского и Тагильского синклинориев. Несмотря на известные трудности в проведении нефтепоисковых работ, интерес к этой проблематике, несомненно, сохранится и в будущем.

Литература

1. Абдрахманов Р. Ф., Попов В. Г. Геохимия и формирование подземных вод Южного Урала. Уфа: АН РБ; Гилем, 2010. 420 с.
2. Казанцева Т. Т. Геологическое строение Кизильской зоны Магнитогорской мегасинформы в свете новых данных // Геология, география и глобальная энергия. 2009. № 3. С. 27–32.
3. Кирюхин В. А., Никитина Н. Б., Судариков С. М. Гидрогеохимия складчатых областей. Л.: Недра, 1989. 253 с.
4. Михайлов Ю. В. Гидрогеологические массивы горно-складчатого Урала. Нижний Тагил, 2007. 292 с.
5. Попов В. Г., Абдрахманов Р. Ф. Ионнообменная концепция в генетической гидрогеохимии. Уфа: Гилем, Башкорская энциклопедия, 2013. 356 с.
6. Пучков В. Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.
7. Тагильцев С. Н., Лукьянов А. Е. Гидрогеологические признаки тектонической стратификации скального массива // Инженерная геология. 2009. № 1. С. 60–64.
8. Шерман С. И., Днепровский Ю. И. Поля напряжений земной коры и геолого-структурные методы их изучения. Новосибирск: Наука, 1989. 148 с.

References

1. Abdrakhmanov R. F., Popov V. G. *Geokhimiya i formirovaniye podzemnykh vod Yuzhnogo Urala* (Geochemistry and formation of ground waters of Southern Urals). Ufa, AN RB, Gilem, 2010, 420 pp.
2. Kazantseva T. T. *Geologicheskoe stroenie Kizil'skoi zony Magnitogorskoi megasinformy v svete novykh dannykh* (Geological structure of Kizil zone of Magnitogorsk megasinform according to new data) *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya*. 2009, No. 3, pp. 27–32.
3. Kiryuhin V. A., Nikitina N. B., Sudarikov S. M. *Gidrogeokhimiya skladchatykh oblastei* (Hydrogeochemistry of folded areas). Leningrad, Nedra, 1989, 253 pp.
4. Mihailov Yu. V. *Gidrogeologicheskie massivy gornoskladchatogo Urala* (Hydrogeological massifs of folded Urals). Nizhny Tagil, 2007, 292 pp.
5. Popov V. G., Abdrakhmanov R. F. *Ionoobmennaya kontseptsiya v geneticheskoi gidrogeokhimii* (Ion-exchange conception in genetical hydrogeochemistry). Ufa, Gilem, Bashkorskaya entsiklopediya, 2013, 356 pp.
6. Puchkov V. N. *Geologiya Urala i Priuralya (aktualnye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii)* (Geology of Urals and Suburals (stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny)). Ufa, DizainPoligrafServis, 2010, 280 pp.
7. Tagiltsev S. N., Lukyanov A. E. *Gidrogeologicheskie priznaki tektonicheskoi stratifikatsii skal'nogo massiva* (Hydrogeological features of tectonic stratification of rock massif). *Inzhenernaya geologiya*. 2009, No. 1, pp. 60–64.
8. Sherman S. I., Dneprovskii Yu. I. *Polya napryazhenii zemnoi kory i geologo-strukturnye metody ih izucheniya* (Stress fields of earth crust and geological-structural methods of their study). Novosibirsk, Nauka, 1989, 148 pp.



ПЕТРОФИЗИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ В СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСАХ СЕВЕРА УРАЛА

Т. А. Пономарева

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

taponomareva@inbox.ru

Петрофизическая характеристика геологических образований на современном этапе геологических знаний рассматривается как «память» о геодинамических обстановках прошлого и используется при разработке новых или уточнения существующих моделей строения и эволюции литосферы. Объектами данных исследований являлись разновозрастные магматические, метаморфические и вулканогенно-осадочные комплексы пород севера Урала. Для детальной петрофизической систематизации структурно-вещественных комплексов земной коры и верхней мантии севера Урала был использован сравнительный анализ геофизических, петрофизических, геологических и геохронологических данных. По результатам комплексной интерпретации физических полей выделены три региональные петрофизические зоны, различающиеся по петрофизическим свойствам и характеристикам гравитационного и магнитного полей. Петрофизическая зона «палеоконтинентального» типа объединяет петрофизические группы формаций, представленные дорифейскими метаморфическими комплексами. В петрофизическую зону «палеоокеанического» типа вошли ультраосновные породы офиолитовых комплексов, а также базитов кершорского и лагортинского комплексов. В крайнюю восточную петрофизическую зону «палеоостроводужного» типа включаются породы интрузивных образований собского и конгорского комплексов, а также вулканогенно-осадочной толщи.

Ключевые слова: физические поля, гравитационное поле, магнитное поле, аномалия, петрофизическая характеристика, север Урала.

GEOPHYSICAL CHARACTERISTICS OF GEOTECTONIC ROCK COMPLEXES OF THE NORTHERN URALS

T. A. Ponomareva

Institute of Geology Komi SC UB RAS, Syktывkar

Petrophysical characteristics of geological bodies at the present stage of geological knowledge is considered as a «record» of the geodynamic conditions of the past and used for the development of new or refining existing models of structure and evolution of the lithosphere. The objects of this study were igneous, metamorphic and sedimentary-volcanogenic rock complexes of different age in the north of the Urals. A comparative analysis of geophysical, petrophysical, geological and geochronological data was used for detailed petrophysical systematization of structural-material complexes of the Earth's crust and upper mantle in the north of the Urals. It is proposed to differentiate the three regional petrophysical zones within the northern part of the Urals according to the petrophysical properties of rocks and characteristics of the gravitational and magnetic fields as a result of comprehensive interpretation of physical fields. Petrophysical zone of «paleocontinental» type, combines petrophysical group of formations represented by the pre-Riphean metamorphic associations. The «paleoceanic» petrophysical zone includes ultramafic rocks of ophiolite complexes and mafic rocks of Kershore and Lagorta associations. The most eastern zone of «paleo-island-arc» type consists of intrusive rocks of Sobskiy and Kongorskiy complexes, as well as volcano-sedimentary sequence.

Keywords: physical fields, gravitational field, magnetic field, anomaly, petrophysical characteristics, the north of the Urals.

Введение

В комплексе геолого-геофизических исследований, применяемых при изучении глубинного строения литосферы севера Урала, важное место занимает петрофизическая информация о глубинных геологических образованиях. На современный эрозионный срез севера Урала горизонтальными и вертикальными движениями выведены разновозрастные магматические, метаморфические и вулканогенно-осадочные комплексы пород (рис. 1). Петрофизическая характеристика этих образований включает в себе информацию: во-первых, о направлении и интенсивности геодинамических процессов, под действием которых формировались отдельные комплексы пород; во-вторых, содержит сведения о степени и причинах их преобразований. Детально методика определения и способы обработки петрофизических данных по этим комплексам, а также интерпретация полученных результатов приведена и обобщена в работах Т. А. Пономаревой и А. М. Пыстина [7, 8].

Цель качественной интерпретации геофизических полей заключалась в выделении региональных петрофизических зон (рис. 1), отличающихся по геофизиче-

ским параметрам гравитационного и магнитного полей. Палеоконтинентальная, палеоокеаническая и палеоостроводужная петрофизические зоны названы в соответствии со структурными зонами севера Урала, состоящими из структурно-вещественных комплексов, характеризующих определенные типы земной коры [9, 12]. При выполнении качественной интерпретации ставились следующие задачи: подтверждение выявленных петрофизических закономерностей в морфологии физических полей; установление связи аномалий физических полей с определенными петрофизическими группами (формациями), а также поиск общих черт и различий в характере физических полей при выделении петрофизических зон.

Необходимость в привлечении геофизических данных определяется тем, что все изменения физических свойств пород отражаются в морфологии физических полей. Характер и особенности физических полей дают нам возможность пространственно проследить и ограничить пределы латеральной петрофизической изменчивости пород, а также определить месторасположение источников гравитационных и магнитных аномалий.



Рис. 1. Схематическая карта локальных аномалий силы тяжести и схема расположения структурно-вещественных комплексов севера Урала [1, 2].

Условные обозначения: I–III — петрофизические зоны: I — палеоконтинентальная, II — палеоокеаническая, III — палеоостроводужная; 1 — верхнедокембрийско-палеозойские комплексы палеоконтинентального сектора севера Урала; 2 — нижнедокембрийские метаморфические образования; 3 — ультраосновные породы райизско-войкарского комплекса ($O-S_1$); 4 — базиты кершорского и лагортинского комплексов (O_3-S_1); 5 — гранитоиды собского и конгорского комплексов (S_2-D); 6 — вулканогенно-осадочные образования (O-D); 7 — мезозойско-кайнозойский чехол Западно-Сибирской плиты; 8 — Главный Уральский разлом (надвиг); 9 — границы структурно-вещественных комплексов; 10 — отрицательные аномалии локального гравитационного поля; 11 — положительные аномалии локального гравитационного поля; 12 — геофизический профиль А–А.

Названия докембрийских комплексов: Nr — няртинский, Nk — неркаюский, Hd — хордьюский (PR?), Hm — хараматалоуский, Hb — харбейский, Ma — марункеуский, Mk — малыкский

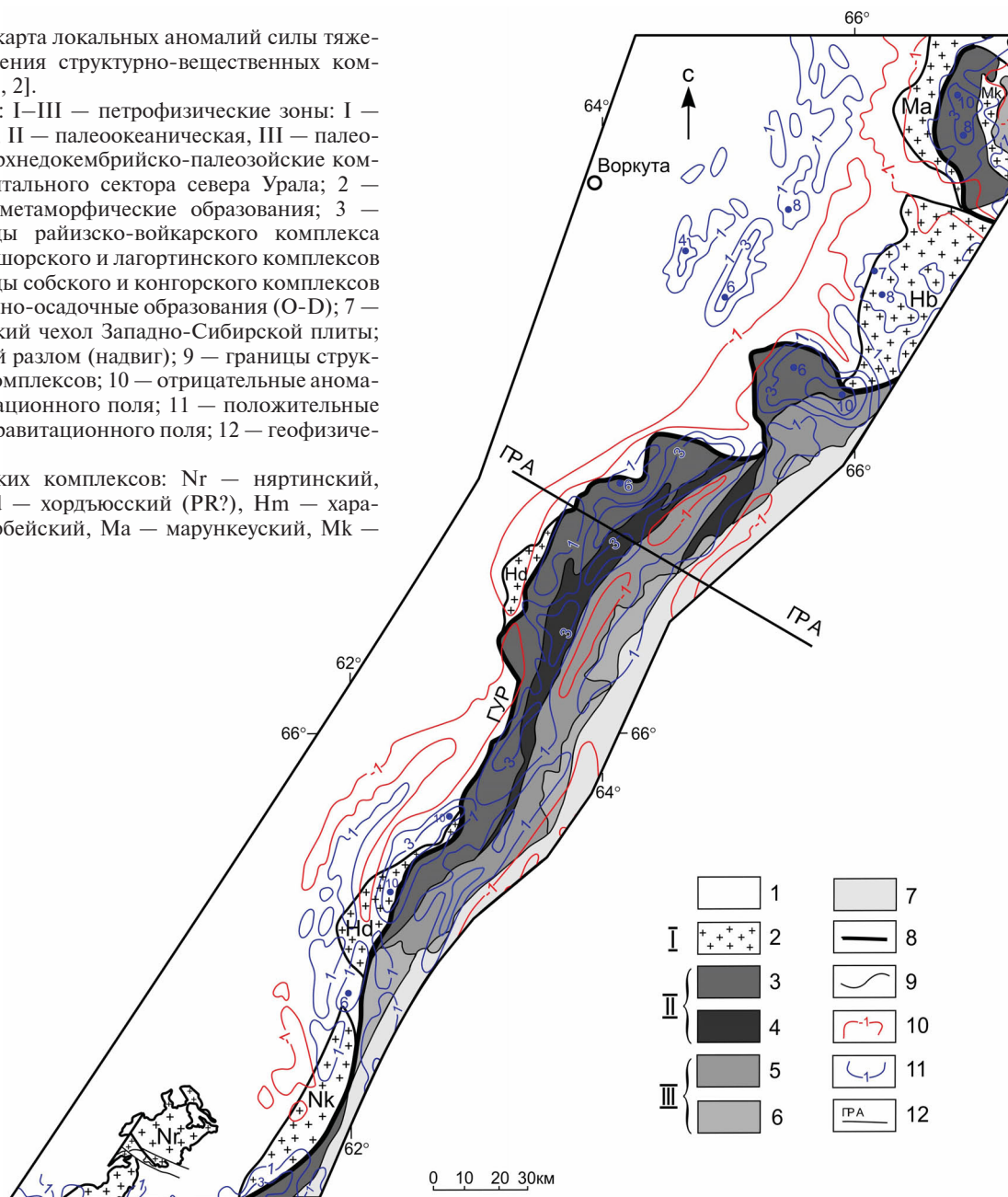


Fig. 1. Schematic map of local gravity anomalies and layout of structural-material complexes in the north of the Urals [1, 2].

I–III — petrophysical zones: I — paleocontinental, II — paleoceanic, III — paleo island arc; 1 — Upper PreCambrian-Paleozoic associations of palaeocontinental sector in the north of the Urals; 2 — Lower PreCambrian metamorphic associations; 3 — ultramafic rocks of Rayis-Voykar association ($O-S_1$); 4 — mafic rocks of Kershov and Lagota associations (O_3-S_1); 5 — granitoids of Sob and Kongor associations (S_2-D); 6 — volcanogenic-sedimentary associations (O-D); 7 — Mesozoic-Cenozoic cover of the Western Siberian Plate; 8 — Main Uralian Fault (thrust); 9 — limits of structural-material complexes; 10 — negative gravity local anomalies; 11 — positive gravity local anomalies; 12 — geophysical profile A–A.

Names of PreCambrian complexes: Nr — Nyarta, Nk — Nerkayu, Hd — Hordyu (PR?), Hm — Haramatalou, Hb — Harbey, Ma — Marunkeu, Mk — Malyk

Методика исследований

Для детальной петрофизической систематизации структурно-вещественных комплексов земной коры и верхней мантии севера Урала был использован сравнительный анализ геофизических, петрофизических, геологических и геохронологических данных, результаты которого представлены в таблице.

В процессе интерпретации гравитационного и магнитного полей принимались во внимание интенсивность, знак аномалий, сохранение линейной направленности в соответствующих комплексах пород (формаций). Так, по аномалиям магнитного поля проводится разделение пород на магнитные и немагнитные комплексы, дается общее пред-

ставление об их латеральных размерах, ориентировке и взаимном расположении. Кроме того, при сопоставлении карты магнитного поля [4] с геологическими данными мы учитывали, что интенсивность магнитного поля определяется магнитными свойствами геологических объектов, расположенных в верхнем слое земной коры (первые километры). По интенсивности локальных гравитационных аномалий, вычисленных с радиусом осреднения 6 км, оценивается влияние источников (неоднородностей), расположенных в слое на глубине 2–3 км ниже земной поверхности. Качественную интерпретацию физических полей на данном этапе исследований следует рассматривать как начальный этап к дальнейшей количественной интерпретации.

Петрофизическая классификация структурно-вещественных комплексов севера Урала
Petrophysical classification of structural-material complexes in the north of the Urals

Возраст Age	Плотность Density, σ г/см ³	Петрофизические зоны севера Урала Petrophysical zones of Northern Urals																					
		Западная структурная зона Western structural zone									Восточная структурная зона Eastern structural zone												
		Палеоконтинентальная Paleocoontinental									Палеоокеаническая Paleooceanic			Палеоостроводужная Paleo island arc									
		I			II			III			IV			V			VI			VII			
		Магнитная восприимчивость χ, n×10 ⁻⁶ СГС Magnetic susceptibility																					
		<100	100–750	>750	<100	100–750	>750	<100	100–750	>750	<100	100–750	>750	<100	100–750	>750	<100	100–750	>750	<100	100–750	>750	
O ₁ –D ₃	2.5–2.6																						
	2.6–2.7																						
	2.7–2.8																						
	2.8–2.9																						
	2.9–3.0																						
	3.0–3.1																						
	>3.1																						
PR _{1–2}	2.5–2.6																						
	2.6–2.7																						
	2.7–2.8																						
	2.8–2.9																						
	2.9–3.0																						
	3.0–3.1																						
	>3.1																						
Геологические комплексы, формации Geological complexes, formations		Гнейсо-мигматитовые Gneiss-migmatite			Эклогит-сланцевые Eclogite-shale			Гранулит-м metabазитовые Granulite-metabasite			Офиолитовые Ophiolite			Дунит-верли-клинопироксенитовые, габбровые Dunite-verli-clinopyroxenite-gabbro			Средние (реже умеренно-кислые) магматиты Medium (rare medium-acid) magmatites			Вулканогенно-осадочные породы Volcanogenic sedimentary rocks			

Примечание. В ячейках таблицы приведены средние значения физических свойств по выборкам пород отдельных комплексов, участвовавших в петрофизических исследованиях. I–VII — петрофизические группы пород [7, 8].

Note. Mean values of rocks physical properties of separate complexes are shown in the table. I–VII — Petrophysical groups of rocks [7, 8].

Результаты и обсуждение

Ранее проведенный петрофизический анализ структурно-вещественных комплексов пород севера Урала позволил выделить среди них семь крупных петрофизических групп, каждая из которых отличается вещественным составом, изменениями в физических свойствах (плотностью, магнитной восприимчивостью) и характером корреляционных зависимостей между ними. Результаты качественной интерпретации геофизи-

ческих полей предоставили возможность объединить отдельные петрофизические группы в петрофизические зоны.

Первые три петрофизические группы пород относятся к образованиям нижнедокембрийского структурного этажа и интерпретируются как тектонически перемещенные фрагменты древнего кристаллического основания приуральской части Восточно-Европейского кратона, вовлеченные в структуру уралид [7, 10].

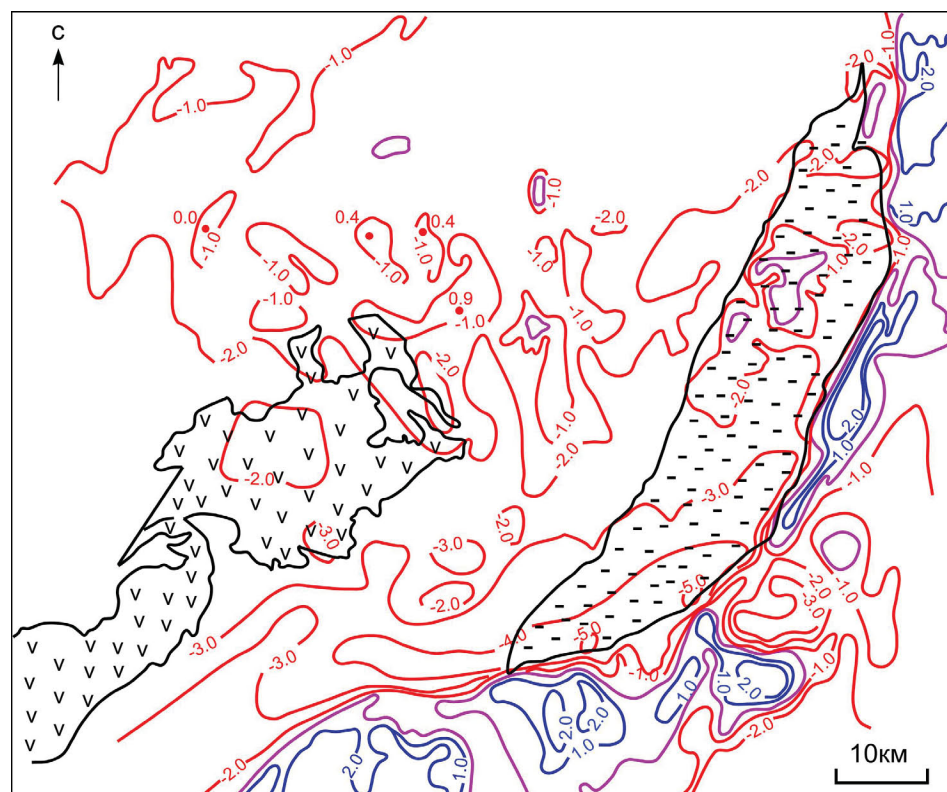
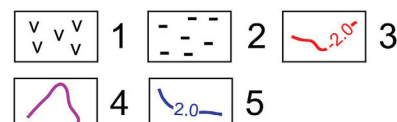


Рис. 2. Характеристика магнитного поля над нижнедокембрийскими метаморфическими комплексами Приполярного Урала [4].

Условные обозначения: 1–2 — структурно-вещественные комплексы пород: 1 — няртинский; 2 — нерка-
 юский; 3–5 — изолинии (ΔT)_а: 3 —
 отрицательные; 4 — нулевые; 5 —
 положительные

Fig. 2. Characteristics of magnetic field over Lower Precambrian metamorphic complexes in the SubPolar Urals [4]. 1–2 — structural-material rock complexes: 1 — Nyarta; 2 — Nerkayu; 3–5 — isolines (ΔT)_a: 3 — negative; 4 — zero; 5 — positive





Петрофизическую группу I представляют породы гнейсо-мигматитовых комплексов (няртинского на Приполярном Урале (рис. 2) и харьбейского на Полярном Урале (рис. 3). Няртинский гнейсо-мигматитовый комплекс характеризуется низкими значениями магнитного и локального гравитационного полей ($\Delta g_{\text{л}}$). Над породами няртинского гнейсо-мигматитового комплекса со средней плотностью ($\sigma_{\text{ср}}$) 2.78 г/см³ отмечаются слабоинтенсивные положительные аномалии $\Delta g_{\text{л}}$ (1–2 мГал), расположенные в области отрицательного локального гравитационного поля (рис. 1). Мозаичный характер локальных аномалий отражает, очевидно, особенности внутренней структуры гнейсов. На Полярном Урале в пределах харьбейского комплекса наблюдается положительная локальная аномалия интенсивностью 10 мГал северо-западного простирания, обусловленная преобладанием высокоплотных амфиболитов со средней плотностью, равной 2.97 г/см³, в нижней части харьбейского комплекса.

Анализ магнитного поля показывает, что породы няртинского и харьбейского комплексов немагнитные или слабомагнитные (рис. 2, 3). Изолинии отрицательного магнитного и локального полей над харьбейским комплексом пород линейно вытягиваются в северо-западном направлении, что отчетливо подчеркивает «неуральский» структурный план метаморфических толщ.

К петрофизической группе II относятся породы эклогит-сланцевых комплексов (неркаюского на Приполярном Урале и марункеуского на Полярном Урале). Эклогит-сланцевые комплексы, так же как и вышеописанные комплексы, располагаются в области отрицательных значений локального гравитационного (рис. 1) и магнитного полей интенсивностью минус 1–2 нТл (рис. 2, 3). Такое соответствие, когда совпадает знак локальной составляющей гравитационного и магнитного полей, подтверждает ранее выявленную прямо пропорциональную зависимость между плотностью и магнитной восприимчивостью в данных породных комплексах [7].

При более детальных исследованиях внутри неркаюского массива наблюдаются локальные магнитные аномалии, оси которых ориентированы к северо-западу. Эти аномалии подчеркивают связь с реликтовыми структурами, установленными непосредственными наблюдениями в естественных разрезах [10, 11].

В петрофизическую группу пород III объединяются породы гранулит-метабазитовых комплексов (рис. 1): хордьюсского, контактирующего с запада с Войкар-Сыньинским массивом, и малыкского, расположившегося с востока от Сыум-Кеуского массива. В основном над породами гранулит-метабазитовых комплексов отмечаются слабоинтенсивные локальные гравитационные и магнитные поля. Важно отметить, что на востоке Южно-Хордьюсского массива породы хордьюсского комплекса способны создавать положительные аномалии интенсивностью 10 мГал (рис. 1), а малыкский комплекс пород весь расположен в слабоинтенсивном поле $\Delta g_{\text{л}}$ (1 мГал). Это позволяет предположить, что наибольший объем высокоплотных пород с $\sigma_{\text{ср}}$, равной 3.1 г/см³, малыкского комплекса выведен на дневную поверхность [6], а вот «корни» хордьюсского комплекса, возможно, расположены в земной коре.

Среди преимущественно немагнитных пород данной петрофизической группы мы отмечаем широкий предел вариаций магнитной восприимчивости в породах

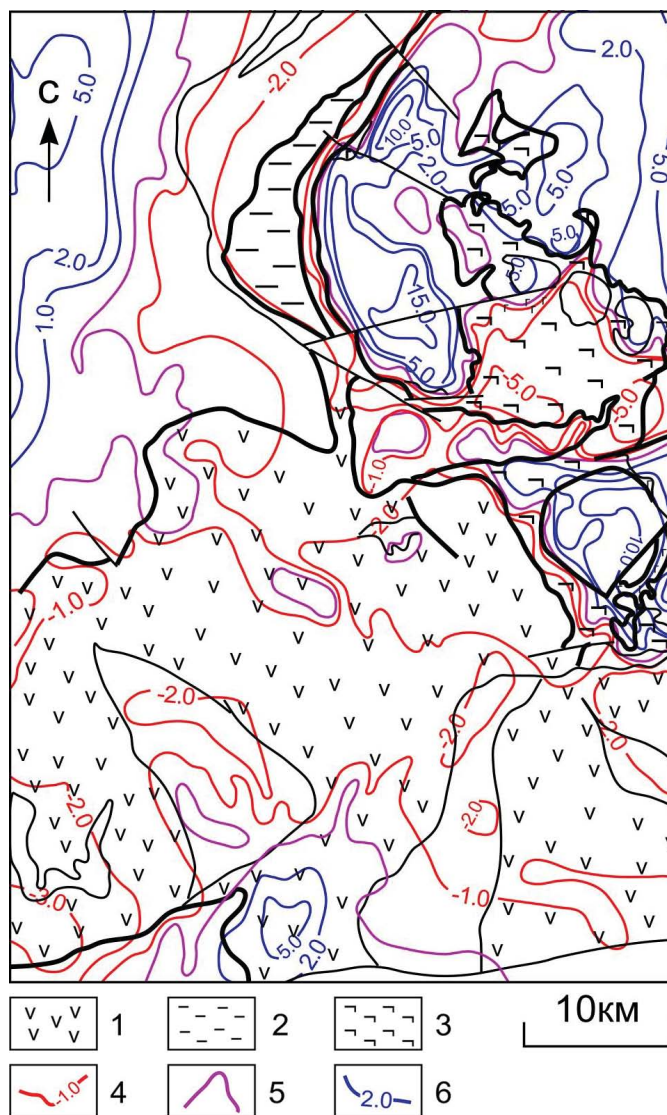


Рис. 3. Характеристика магнитного поля северной части Полярного Урала [4].

Условные обозначения: 1–3 — структурно-вещественные комплексы пород: 1 — харьбейский; 2 — марункеуский; 3 — малыкский; 4–6 — изолинии (ΔT)_a: 4 — отрицательные; 5 — нулевые; 6 — положительные

Fig. 3. Characteristics of magnetic field in the northern part of the Polar Urals [4].

1–3 — structural-material rock complexes: 1 — Harbey; 2 — Marunkeu; 3 — Malyk; 4–6 — isolines (ΔT)_a: 4 — negative; 5 — zero; 6 — positive

основного состава, что является причиной неоднородного характера магнитного поля (рис. 3, 4).

Главной чертой локального гравитационного поля I–III петрофизических групп является отсутствие в нем выраженного гравитационного эффекта от метаморфических комплексов. Слабоинтенсивные положительные и отрицательные аномалии $\Delta g_{\text{л}}$ позволяют предположить, что все дорифейские метаморфизованные комплексы расположены в приповерхностном слое или вынесены большей своей частью на земную поверхность. Однако есть случаи, например с харьбейским комплексом, а возможно и с хордьюсским, когда обширные положительные локальные аномалии могут быть вызваны плотностными неоднородностями, сопоставимыми с блоками больших размеров, находящимися в земной коре.

Важно отметить, что над дорифейскими комплексами пород севера Урала наблюдаются слабоинтенсивные

локальные гравитационные и отрицательные магнитные поля, очень близкие по геофизическим параметрам к структурно-вещественным комплексам восточной части Европейской платформы, которые характеризуют континентальный тип земной коры [3]. В итоге породы петрофизических групп I—III объединяются в петрофизическую зону «палеоконтинентального» типа.

Следующие четыре петрофизические группы пород относятся к геологическим образованиям восточной зоны севера Урала, пространственно связанным с Главным Уральским разломом и расположенным к востоку от него. Они представлены магматическими породами различного состава — от ультраосновного до кислого — и вулканогенно-осадочными образованиями Приполярного и Полярного Урала. Несмотря на то, что породы восточной зоны севера Урала располагаются в области положительных значений гравитационного и магнитного полей, по схожим петрофизическим свойствам (см. таблицу) и морфологии геофизических полей (рис. 1, 5, 6) они делятся на две различные петрофизические зоны.

Петрофизическая группа IV объединяет ультраосновные породы офиолитовых комплексов, представленных в Олыся-Мусюрском, Войкар-Сыныинском, Райизском и Сыум-Кеуском массивах. Породы офиолитовых комплексов имеют повышенные плотности ($2.90\text{--}3.10\text{ г/см}^3$) и среднюю и высокую магнитную восприимчивость (от 300 до 1500×10^{-6} СГС) [5]. Благодаря широкому спектру плотностных и магнитных свойств над гипербазитовым массивом мы наблюдаем интенсивные положительные аномалии Δg_d (рис. 1) и $(\Delta T)_a$ (рис. 5) с отчетливо выраженной субмеридиональной линейностью (северо-северо-восточной). Гипербазиты отражаются в магнитном поле интенсивными линейными вытянутыми аномалиями с резкой дифференциацией по амплитуде и небольшими периодами между экстремумами сближенных аномалий (рис. 6). Известно, что такая система перемежающихся узких аномалий очень характерна для участков современной океанической коры в зонах спрединга. В зависимости от степени серпентинизации и глубины ее проникновения ультраосновные породы теряют свои плотностные свойства и приобретают высокие магнитные свойства. Поэтому магнитным максимумам над серпентинизированными породами соответствуют минимумы локального гравитационного поля.

Петрофизическая группа V объединяет базиты кершорского и лагортинского комплексов. Вулканиды основного состава, обладая высокими значениями плотности ($\sigma_{\text{ср}} 2.90\text{ г/см}^3$ у верлитов, клинопироксенитов и $\sigma_{\text{ср}} 3.2\text{ г/см}^3$ у горнблендитов), вместе с ультрабазитами составляют в аномальном гравитационном поле единую положительную аномальную зону (рис. 6), а в полях Δg_d они выделяются локальными высокоинтенсивными максимумами (рис. 1, 6). Схожая картина наблюдается и в магнитном поле. В положительном магнитном поле при детальном исследовании габброиды, как и гипербазиты (несерпентинизированные), картируются серией отдельных линейных аномалий, внутри которых хаотично располагаются отдельные мелкие интенсивные аномалии от 10 до 33 нТл (рис. 5). Выраженная повторяемость в физических полях, когда максимумам локального гравитационного поля соответствуют положительные магнитные аномалии, объясняется устойчивыми прямо пропорциональными зависимостями между плотностью и магнитной восприимчивостью, установленными в поро-

дах данной петрофизической группы [8]. В интрузивных образованиях, за исключением серпентинизированных базитов, отмечается классическая зависимость плотности от основности пород.

В результате высокоплотные и магнитные породы IV—V петрофизических групп объединяются в единую петрофизическую зону «палеоокеанического» типа. Резко выраженная дифференциация и вариативность в физических свойствах ультрабазитов и базитов повлияла на интенсивность и морфологию геофизических полей. Для данной петрофизической зоны характерны высокоинтенсивные магнитные и гравитационные поля с характерными линейно-вытянутыми аномалиями северо-северо-восточного направления.

В петрофизическую группу VI вошли интрузивные образования среднего, реже умеренно-кислого состава, собского и конгорского комплексов пород (рис. 1). Над породами данной петрофизической группы отмечается положительное поле локальных аномалий Δg_d средней интенсивности, обусловленное диоритами и кварцевыми диоритами со средней плотностью 2.80 г/см^3 , на фоне которого выделяются локальные (линзообразные в плане) минимумы интенсивностью минус 1 мГал , отвечающие гранитоидным телам. В магнитном поле отмечается та же закономерность — в преимущественно положительном магнитном поле над интрузивными породами среднего состава с $\chi_{\text{ср}} 900 \times 10^{-6}$ СГС есть аномалии с пониженной интенсивностью над участками распространения кислых пород с $\chi_{\text{ср}} 400 \times 10^{-6}$ СГС.

Петрофизическая группа VII состоит из вулканогенно-осадочных пород, представленных дацитами, андезитами, андезибазальтами и их туфами с прослоями туфопесчаников и рифогенных известняков малоуральской свиты, а также конгломератами, гравелитами и туфопесчаниками варчатинской свиты (рис. 1).

Вещественная дифференциация состава вулканитов, от базальтовых до плагиогранитовых и риолитовых, а также наличие постепенных переходов между ними в разрезе практически не дает возможности на этапе качественной интерпретации гравиметрических данных определить границы их распространения. Разделение эффузивов кислого состава и пирокластических образований, которые имеют одинаковые плотности, также проблематично. Поэтому наблюдаемые на фоне общего пониженного локального поля положительные аномалии Δg_d интенсивностью $1\text{--}3\text{ мГал}$ можно считать гравитационным «вкладом» вулканитов нормальной щелочности с $\sigma_{\text{ср}} 2.80\text{--}2.83\text{ г/см}^3$, слагающих нижнюю часть разреза вулканогенно-осадочной толщи.

Среди эффузивов в положительном магнитном поле отразились наиболее магнитные основные разности (базальты и андезибазальты) с $\chi_{\text{ср}} 1000\text{--}1400 \times 10^{-6}$ СГС. Им соответствуют магнитные аномалии со значениями интенсивности от 5 до 8 нТл . Выделение слабомагнитных вулканогенных образований и осадочных комплексов в геофизических полях практически невозможно, так как они сливаются с общим пониженным «фоновым» полем. Поэтому изучение их возможно только на базе петрофизических исследований.

В результате по схожим петрофизическим свойствам и общим признакам в характеристиках геофизических полей VI и VII петрофизические группы пород объединяются в единую петрофизическую зону «палеоостроводужного» типа.

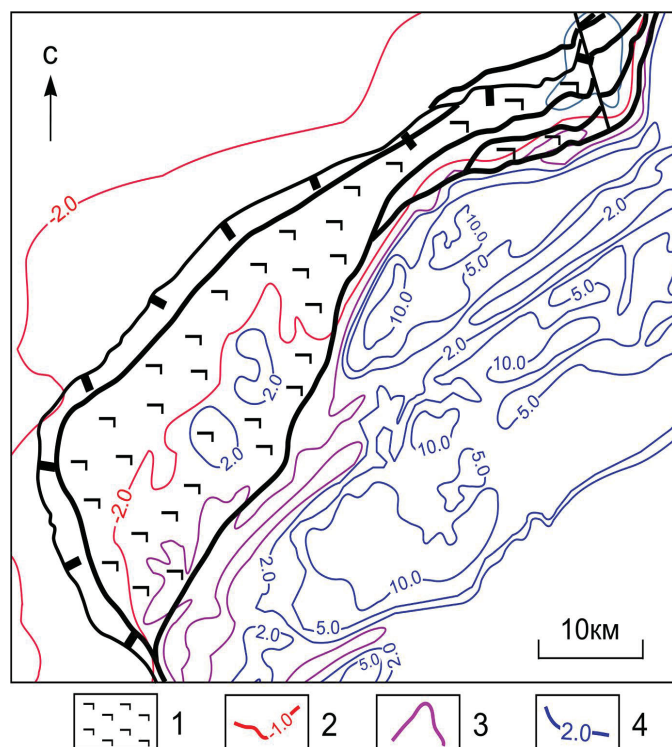


Рис. 4. Характеристика магнитного поля над хордьюским комплексом пород (Южно-Хордьюский блок) [4].

Условные обозначения: 1 — хордьюский комплекс пород; 2–4 — изолинии (ΔT_a): 2 — отрицательные; 3 — нулевые; 4 — положительные

Fig. 4. Characteristics of magnetic field over Hordyu rocks association (southern Hordyu block) [4].

1 — Hordyu association of rocks; 2–4 — isolines (ΔT_a): 2 — negative; 3 — zero; 4 — positive

Для данной петрофизической зоны результаты качественной интерпретации выявили средней интенсивности магнитное и гравитационное поля, на фоне которых наиболее выраженно наблюдаются локальные слабоинтенсивные или отрицательные аномалии, соотносимые с породами средне- и кислого состава, и интенсивные положительные аномалии, связанные с вулканитами основного состава. Общее понижение интенсивности магнитного и гравитационного полей позволяет судить о меньшей тектонической нарушенности в поверхностных структурах данной петрофизической зоны, что, в свою очередь, отразилось на форме аномалий. В структуре геофизических полей отмечается меньшая частота (разреженность) в изолиниях, увеличение размерности аномалий (ΔT_a и Δg_n) и сохранение северо-северо-восточной направленности.

Выводы

По результатам комплексной интерпретации геофизических полей в пределах севера Урала ранее выделенные петрофизические группы формаций по особенностям гравитационного и магнитного полей объединяются в более крупные подразделения (зоны), породные комплексы которых развивались в определенных геодинамических обстановках.

Петрофизическая зона «палеоконтинентального» типа объединяет I–III петрофизические группы, представленные дорифейскими метаморфическими комплексами, расположенными с запада от Главного Уральского разлома, над которыми наблюдаются отрицательные гравитационное и магнитное поля. Характеристики физических полей над данной петрофизической зоной имеют общие черты с геофизическими полями восточной части Европейской платформы.

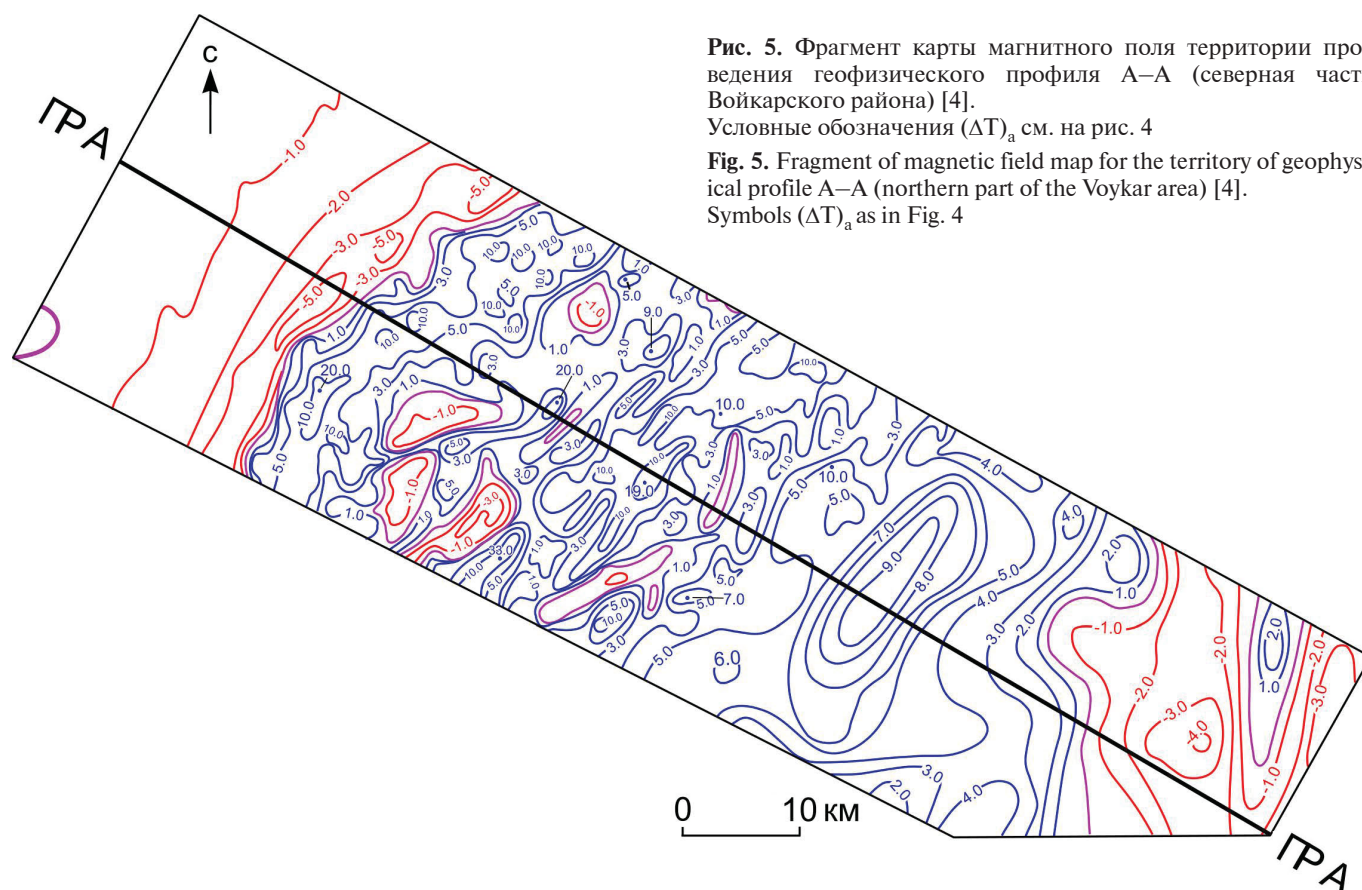


Рис. 5. Фрагмент карты магнитного поля территории проведения геофизического профиля А–А (северная часть Войкарского района) [4].

Условные обозначения (ΔT_a) см. на рис. 4

Fig. 5. Fragment of magnetic field map for the territory of geophysical profile A–A (northern part of the Voykar area) [4].

Symbols (ΔT_a) as in Fig. 4

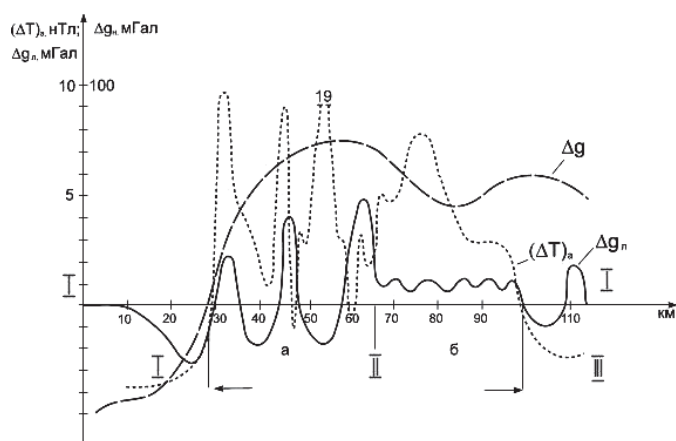


Рис. 6. Сравнительная характеристика графиков составляющих гравитационного и магнитного полей по геофизическому профилю А–А.

Условные обозначения: I — Предуральский краевой прогиб; II — Восточная структурная зона Полярного Урала: а — палеоокеаническая петрофизическая зона, б — палеоостроводужная петрофизическая зона; III — Западно-Сибирская плита

Fig. 6. Comparative characteristics of the graphs of the gravitational and magnetic field components along geophysical profile A–A.

I — Preural Foredeep; II — Eastern block area of the Polar Urals: a — paleo-oceanic petrophysical zone, b — paleo island arc petrophysical zone; III — the West Siberian Plate

Петрофизическая зона «палеоокеанического» типа соединяет ультрабазиты офиолитовых комплексов, базиты кершорского и лагортинского комплексов. Для данной петрофизической зоны характерны высокоинтенсивные магнитные и гравитационные поля. Зависимость магматитов от основности и низкотемпературных зеленокаменных изменений резко отразилась в частой смене локальных максимумов силы тяжести интенсивностью несколько десятков мГал на минимумы, густоте изолиний и линейной форме аномалий с выраженной северо-северо-восточной направленностью.

Восточнее выделяется петрофизическая зона «палеоостроводужного» типа. Широкое присутствие магматитов среднего и кислого состава собского и конгорского комплексов, а также вулканогенно-осадочных пород, обладающих пониженной плотностью, в целом повлияло на понижение интенсивности геофизических полей. Поэтому для данной петрофизической зоны характерны средней интенсивности гравитационное (Δg_d) и магнитное поля, внутри которых наблюдаются отрицательные аномалии, соотносимые с породами среднего и кислого состава, а интенсивные положительные аномалии связаны с вулканитами основного состава. Аномалии имеют крупные размеры по площади, что отличает их от линейной формы аномалий петрофизической зоны «палеоостроводужного» типа, но при этом сохраняется их северо-северо-восточная направленность.

Полученные результаты позволяют расширить круг геологических задач за счет выполнения в дальнейшем количественной интерпретации геофизических полей, благодаря которой можно получить важную информацию о глубинной характеристике комплексов пород, особенностях глубинного строения земной коры и верхней мантии, а также о связи поверхностных структур с глубинными.

Автор выражает благодарность д. г.-м. н. А. М. Пыстину за консультации и ценные замечания при написании статьи.

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований РАН №15-18-5-17.

Литература

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1000000 (третье поколение). Серия Уральская, лист Q 41 (Воркута). Объяснительная записка. СПб: ВСЕГЕИ, 2007.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1000000 (третье поколение). Западно-Сибирская серия, лист Q 42 (Салехард). Объяснительная записка. СПб: ВСЕГЕИ, 2013.
3. Запорожцева И. В., Пыстин А. М. Строение дофазерозойской литосферы Европейского Северо-Востока. СПб.: Наука, 1994. 112 с.
4. Карта аномального магнитного поля (ΔT) России и прилегающих акваторий. СПб: ВСЕГЕИ, 2004 г.
5. Макеев А. Б., Лыурова (Пономарева) Т. А. Магнитная восприимчивость пород и минералов ультрабазитов и ее значение для картирования Полярного Урала // Минералогия Тимано-Североуральского региона. Сыктывкар, 1989. С. 97–106. (Тр. Ин-та геол. Коми НЦ УрО РАН СССР. Вып. 72)
6. Пономарева Т. А., Куликова К. В., Кузнецов Н. Б. Гравитационная модель Сыумкеу-Щучинского района (Полярный Урал) // Восьмые геофизические чтения имени В.В. Федынского: Тезисы докладов. М., 2006. С. 86–87.
7. Пономарева Т. А., Пыстин А. М. Петрофизическая характеристика пород полиметаморфических комплексов севера Урала // Известия Коми НЦ УрО РАН, 2014. № 2(18). С. 68–74.
8. Пономарева Т. А., Пыстин А. М. Анализ физических свойств пород восточной зоны севера Урала // Известия Коми НЦ УрО РАН, 2014. № 1(25). С. 51–61.
9. Пучков В. Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.
10. Пыстин А. М. Полиметаморфические комплексы западного склона Урала. СПб.: Наука, 1994. 112 с.
11. Пыстин А. М., Кушманова Е. В., Потапов И. Л., Панфилов А. В. Неркаюский метаморфический комплекс Приполярного Урала // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2014. № 11. С. 14–19.
12. Ремизов Д. Н. Островодужная система Полярного Урала (петрология и эволюция глубинных зон). Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 221 с.

References

1. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1:1000000 (tretepokolenie). Seriya Ural'skaja, list Q 41 (Vorkuta). (State geological map of Russian Federation). Explanatory note. Saint-Petersburg, VSEGEI, 2007.
2. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1:1000000 (tretepokolenie). Zapadno-Sibirskajaserija, list Q 42 (Salehard). Ob'jasnitel'najazapiska (State geologic map of Russian Federation 1:1000000 scale. West-Siberian series, sheet Q 42 (Salehard). Explanatory text.) Saint-Petersburg, VSEGEI, 2013.
3. Dedeev V. A., Zaporozhtseva I. V. Zemnaja kora evropejskogo Severo-Vostoka SSSR (Earth's crust of the European northeast of the USSR). Leningrad, Nauka, 1985, 98 p.



4. Karta anomal'nogo magnitnogo polya rossii i priliegayushikh akvatory. (Map of anomalous magnetic field of Russia and adjacent territories). Saint-Petersburg, VSEGEI, 2004.
5. Makeev A. B., Lyyurova (Ponomareva) T. A. *Magnitnaya vospriimchivost' porod i mineralov ul'trabazitov i ee znachenie dlya kartirovaniya Polyarnogo Urala* (Magnetic susceptibility of rocks and minerals of ultrabasites and its significance for geological maps of the Polar Urals). Mineralogiya Timano-severouralskogo regiona. Syktyvkar, 1989, pp. 97–106.
6. Ponomareva T. A., Kulikova K. V., Kuznetsov K. V. *Gravitacionnaya model Syumkeu-Shhuchinskogo rajona (Poljarnyj Ural)* (Gravitational model of Syumkeu-Shhuchinskiy region (Polar Urals)). The eighth geophysical readings devoted to V. V. Fedynskiy, Abstract book. Moscow, 2006, pp. 86–87.
7. Ponomareva T. A., Pystin A. M. *Petrofizicheskaya harakteristika porod polimetamorficheskikh kompleksov severa Urala* (Petrophysical characteristics of polymetamorphic rock complexes of the north of the Urals). Proceedings of the Komi Science Centre, 2014, No. 2 (18), pp. 68–74.
8. Ponomareva T. A., Pystin A. M. *Analiz fizicheskikh svoystv porod vostochnoj zony severa Urala* (Analysis of the physical properties of rocks of the eastern zone of the northern Urals). Proceedings of the Komi Science Centre, 2014, No. 1 (25), pp. 51–61.
9. Puchkov V. N. *Geologiya Uralai Priuralya (aktualnye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii)* (Geology of the Urals and Pre-Urals (topical questions of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny). Ufa, Dizayn PoligrafServis, 2010, 280 p.
10. Pystin A. M. *Polimetamorficheskie komplekсы zapadnogo sklona Urala* (Polymetamorphic associations in western slope of the Urals). Saint-Petersburg, Nauka, 1994, 112.
11. Pystin A. M., Kushmanova E. V., Potapov I. L., Panfilov A. V. *Nerkajuskij metamorficheskij kompleks Pripoljarnogo Urala* (Nerkayusky metamorphic complex of the Sub Polar Urals). Vestnik of IG Komi SC UB RAS, 2014, No. 11, pp. 14–19.
12. Remizov D. N. *Ostrovoduzhnaja sistema Poljarnogo Urala* (petrologiya i jevoljucija glubinnyh zon) (Island arc system of the Polar Urals). Ekaterinburg, UB RAS, 2004, 221 pp.



ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГРАНАТОВ ИЗ СРЕДНЕНЕОПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ТИЛЛОВ СЕВЕРА И ЮГА ТИМАНО-ПЕЧОРО-ВЫЧЕГОДСКОГО РЕГИОНА

Л. Н. Андреичева, М. Н. Буравская

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
andreicheva@geo.komisc.ru, buravskaya@geo.komisc.ru

В статье рассматриваются результаты исследования типоморфных особенностей гранатов из тиллов среднего неоплейстоцена в долинах рек Лаи и Вычегды, что обусловлено необходимостью обоснованного и достоверного их расчленения и корреляции. Наибольшее распространение среди гранатов имеют две цветовые разновидности — оранжевые и розовые. В долине р. Лаи доминируют розовые гранаты, их содержание в печорском горизонте выше, чем в вычегодском. На р. Вычегде тиллы обогащены оранжевыми гранатами, но больше их в вычегодском горизонте.

Среди розовых гранатов в печорском тилле преобладает пироп-альмандин. В долине р. Лаи он составляет 90 %, на р. Вычегде — 60 %. В вычегодском тилле в оранжевой группе гранатов на Лае половина зерен приходится на пироп-гроссуляр-альмандин и гроссуляр-пироп-альмандин, а на Вычегде они составляют все 100 %. Среди розовых гранатов в долине р. Лаи пироп-альмандина содержится 56 %, на Вычегде — 44 %. На р. Лае в вычегодском тилле отмечены единичные зерна гранатов с высоким содержанием кальциевого (до 90 %) и спессартинового (более 50 %) компонентов.

Ключевые слова: средний неоплейстоцен, тилл, типоморфные особенности, гранат, минеральный состав, цветовая группа.

TYPOMORPHIC FEATURES OF GARNETS FROM THE MIDDLE NEOPLEISTOCENE TILLS IN THE NORTH AND SOUTH OF TIMAN-PECHORA-VYCHEGDA REGION

L. N. Andreicheva, M. N. Buravskaya

Institute of Geology, Komi SC UB RAS, Syktывkar

The article presents results of research of typomorphic features of garnets from the Middle Neopleistocene tills in the valleys of Laya and Vychegda Rivers due to necessity of valid and reliable subdivision and correlation of the deposits. Two sorts of garnets, different in color, are the most widespread — orange and pink. The pink garnets dominate in the valley of the Laya River, their content in the Pechora horizon is higher than in the Vychegda horizon. In the Vychegda River valley the tills are enriched with orange garnets, but their concentration is higher in the Vychegda till.

Pyrope-almandine prevails among the pink garnets in the Pechora till. In the valley of the Laya River it accounts for 90 %, in the Vychegda River — 60 %. Half of grains among orange garnets in the Vychegda till of the Laya River are pyrope-almandine-grossularite and grossularite-pyrope-almandine, but in the valley of the Vychegda River they make up 100 %. The portion of pyrope-almandine among pink garnets in the Laya River valley is 56 %, in the Vychegda River valley — 44 %. Single garnet grains with high content of calcium (up to 90 %) and spessartine (more than 50 %) are found in the Vychegda till in the valley of the Laya River.

Keywords: Middle Neopleistocene, till, typomorphic features, garnet, mineral composition, color group.

Введение

Актуальная задача четвертичной геологии — расчленение и корреляция отложений и палеогеографических событий. Перспективное направление в решении этой проблемы — комплексное литологическое исследование маркирующих толщ, представленных горизонтами тиллов, и выявление их специфических особенностей, сформированных за счет материала различных питающих ледниковых провинций, путем минералого-петрографического анализа тиллов и замеров направления ориентировки удлиненных обломков пород, содержащихся в них. Это делает возможным использование этих данных для целей литостратиграфии.

В связи с работами по созданию нового поколения четвертичных геологических карт необходимо обоснованное и достоверное проведение расчленения и корреляции отложений. Для этого чрезвычайно важно усовершенствовать старые и использовать новые методы и подходы в области четвертичной геологии. Нами впервые начато исследование типоморфных особенностей и химического состава гранатов из тиллов, поскольку гранаты играют существенную роль в составе минеральной ассоциации тяжелой фракции размерностью 0.25–0.1 мм, средние их содержания составляют в печорском тилле 17–18 %, а в вычегодском — 19–22.5 %. Изучение гранатов проведено на сканирующем электронном микроско-

пе фирмы JEOL модели JSM-6400 с рентгеновским энергодисперсионным спектрометром Link и волновым спектрометром Microspes. Ускоряющее напряжение 20 кВ, ток зонда 10^{-9} А, стандарт эталонов Microspes (аналитик В. Н. Филиппов). К настоящему времени получены первые немногочисленные, но вполне обнадеживающие данные.

Результаты исследований и их обсуждение

Вещественный состав отложений и их текстурно-структурные особенности используются как для установления местоположения источников сноса терригенного материала при формировании отложений разных генетических типов, так и для стратиграфического расчленения и корреляции осадков ледникового генезиса — тиллов. Результаты комплексного изучения литологического состава тиллов получены в процессе исследований обширной и неоднородной в геологическом отношении территории Тимано-Печоро-Вычегодского региона. Состав их определяется составом пород питающих ледниковых провинций — центров оледенений, отложений областей транзита и местных подстилающих пород, особенности состава которых на данном этапе исследований хорошо изучены и известны [1, 2]. Естественно, в региональном плане наблюдается изменчивость литолого-минералогических показателей тиллов, что ограничивает их использование для широких пространственных корреля-

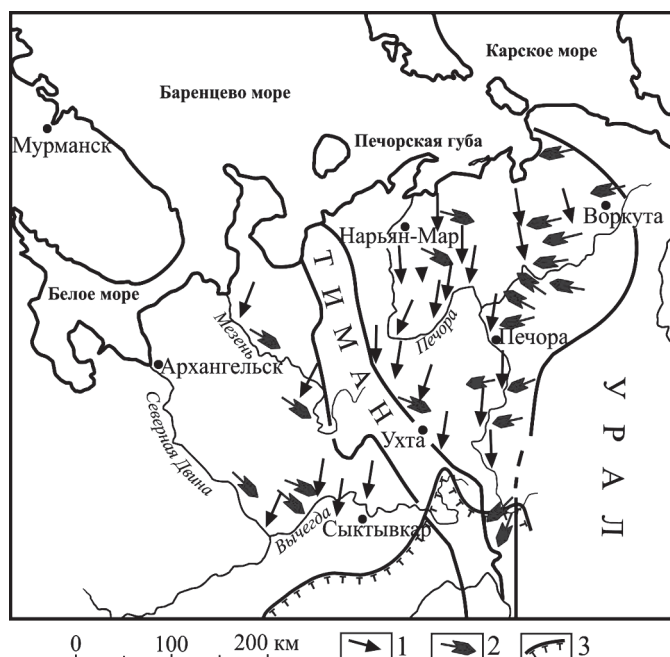


Рис. 1. Направление перемещения покровных ледников в среднем неоплейстоцене: 1 — печорского, 2 — вычегодского; 3 — граница максимального распространения вычегодского покровного ледника

Fig. 1. Direction of movement of glaciers in Middle Neopleistocene: 1 — Pechora, 2 — Vychegda; 3 — boundary of maximum expansion of Vychegda glacier

ций. В пределах локальных участков различия в литологическом составе тиллов обусловлены различными гляциодинамическими обстановками и направлениями перемещения покровных ледников в разные эпохи неоплейстоцена, определяемыми ориентировкой удлиненных обломков пород (рис. 1). Формирование тиллов разного возраста в регионе связано с различными ледниковыми провинциями: северо-восточной (Пай-Хой-Уральско-Новоземельской) и северо-западной (Фенноскандинавской). Литологические особенности тиллов с учетом факторов гляциоседиментогенеза позволяют достаточно уверенно проводить региональные и межрегиональные корреляции моренных горизонтов [4]. Собственно, это навело нас на мысль попытаться использовать типоморфные особенности акцессорных минералов, в частности граната, в тиллах для установления местоположения питающих ледниковых провинций, исходя при этом из постулата, что гранаты из северо-западной и северо-восточной терригенно-минералогических провинций обладают различными типоморфными особенностями и химическим составом, что позволит увязать связь гранатов с определенной питающей провинцией и выявить стратиграфическую приуроченность тиллов. Результаты исследований по выявлению источников сноса обломочного материала, расчленению и корреляции осадочных толщ рассматриваются в публикациях А. Мортон [5, 6] и Б. М. Осовецкого [3].

Для визуального изучения гранатов из тяжелой фракции среднееоплейстоценовых тиллов (печорского и вычегодского горизонтов) в долинах рек Лаи и

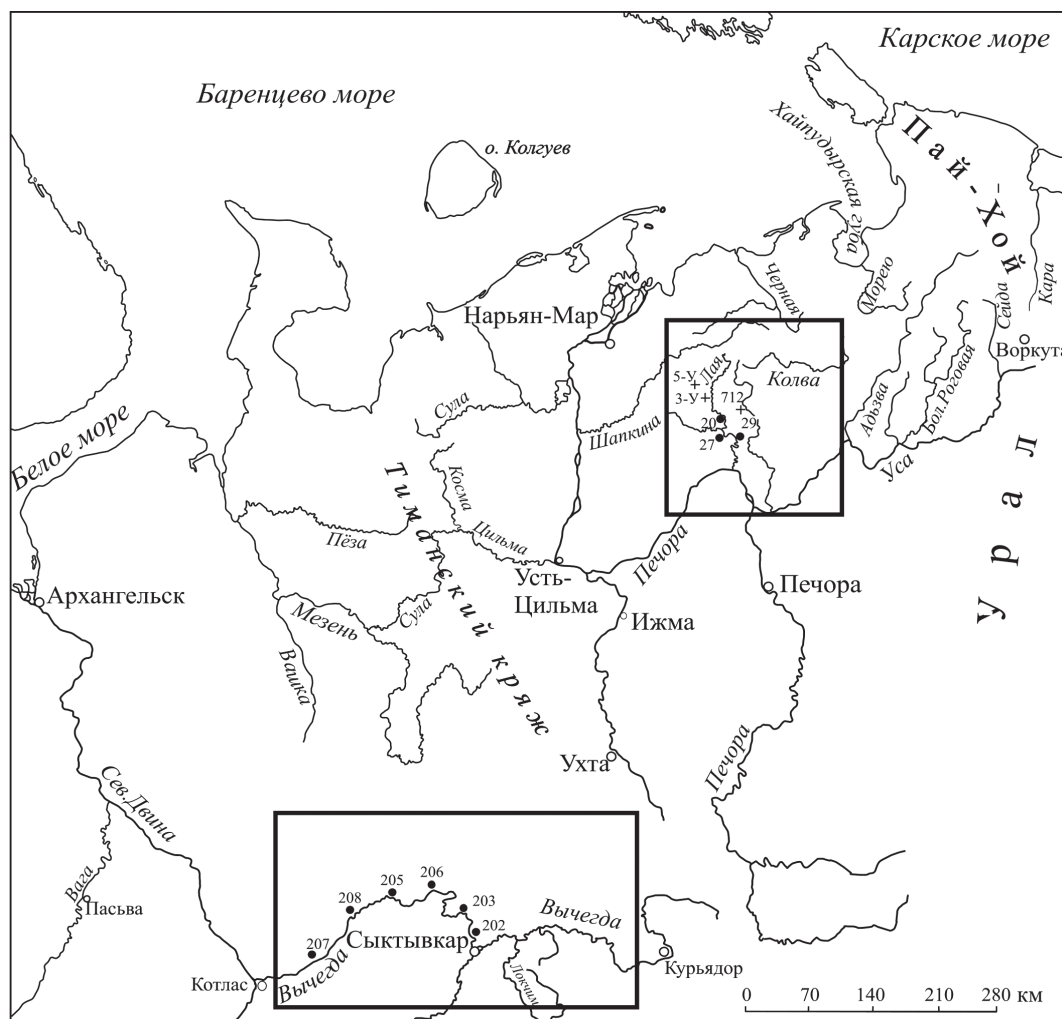


Рис. 2. Схема расположения изученных разрезов в долинах рек Лаи и Вычегды

Fig. 2. Section locations in the valleys of Laya and Vychegda rivers

Вычегды (рис. 2) отобраны по 100 зерен, представленными двумя цветовыми группами. Первая группа включает гранаты оранжевой и светло-оранжевой окраски, вторая — розовые и светло-розовые зерна. Очень незначительная часть гранатов проанализирована микрозондовым рентгеноспектральным методом. В долине р. Лаи из первой группы оранжевых гранатов в печорском тилле изучены 4 зерна, из группы розовых — 10 зерен, в вычегдском ледниковом горизонте — соответственно 7 и 9 зерен. На Вычегде из первой цветовой группы в печорском тилле проанализированы 5 зерен гранатов, из второй — 10, а в вычегдском тилле — 4 оранжевых и 9 розовых зерен.

Север Тимано-Печоро-Вычегодского региона — долина р. Лаи

В печорском тилле первая цветовая группа гранатов представлена угловато окатанными прозрачными обломками (рис. 3). Химический состав минералов и их пересчет на минеральный состав (табл. 1) позволили устано-

вить, что два зерна представлены гроссуляр-пироп-альмандином, и по одному зерну приходится на гроссуляр-альмандин-пироп и гроссуляр-спессартин-альмандин. Вторая группа сложена в основном остроугольными и угловато-окатанными обломками гранатов, имеющими преимущественно светло-розовую окраску и стеклянный блеск. В этой группе абсолютно доминирует пироп-альмандин, и лишь одно зерно представлено гроссуляр-пироп-альмандином. Соотношение минералов двух цветовых групп 1:10.

В вычегдском тилле гранаты оранжевой и светло-оранжевой окраски прозрачны и имеют угловато-окатанную форму и гладкую поверхность. По минеральному составу выделено пять разновидностей гранатов: доминирует пироп-гроссуляр-альмандин (3 зерна), на гроссуляр-пироп-альмандин, гроссуляр-альмандин-спессартин, гроссуляр-андрадит и альмандин-спессартин приходится по 1 зерну. Вторая цветовая группа состоит из остроугольных и угловато-окатанных зерен с гладкой, редко шеро-

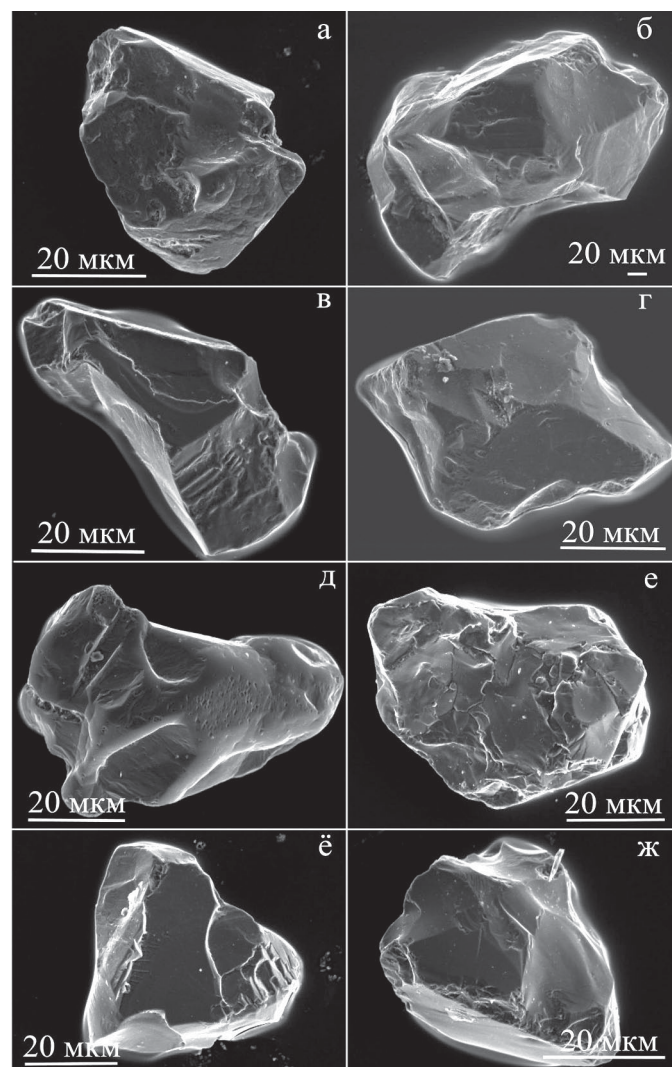


Рис. 3. Гранаты из среднеплейстоценовых тиллов р. Лаи (SEM-изображения в режиме вторичных электронов): а–г — печорского тилла: а, б — первой цветовой группы, в, г — второй цветовой группы; д–ж — вычегдского тилла: д, е — первой цветовой группы, ё, ж — второй цветовой группы

Fig. 3. Garnets from Middle Neopleistocene tills at the Laya River (SEM images in secondary electron mode): а–г — Pechora till: а, б — the first color group, в–г — garnets from the second color group; д–ж — garnets from Vychehda till: д, е — garnets from the first color group, ё, ж — garnets from the second color group

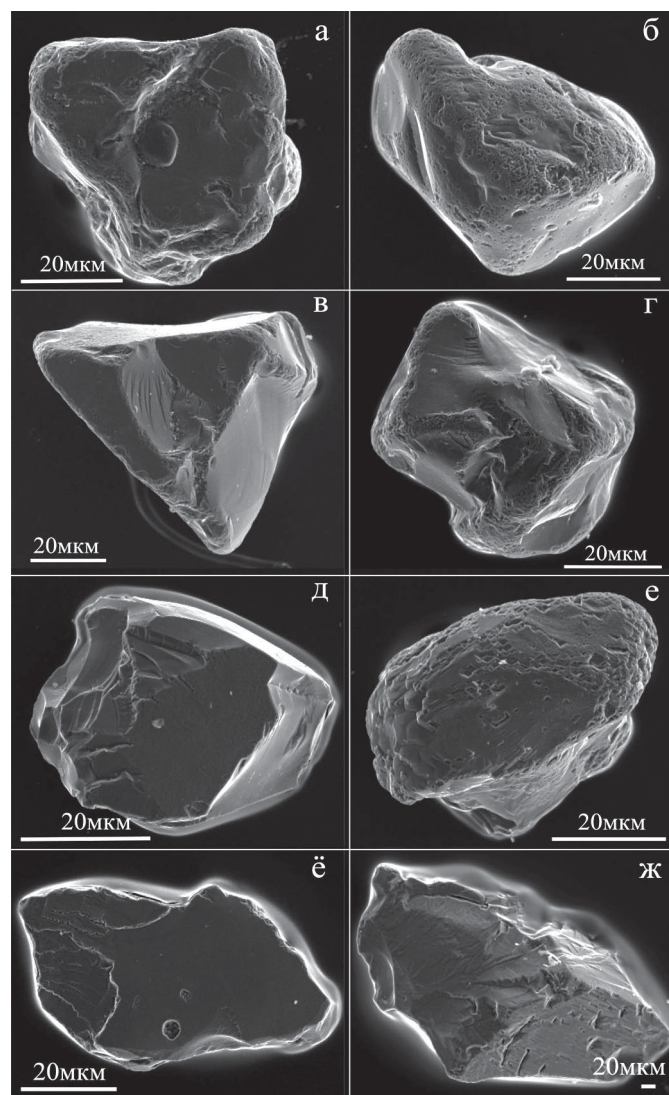


Рис. 4. Гранаты среднеплейстоценовых тиллов р. Вычегды (SEM-изображения в режиме вторичных электронов): а–г — печорского тилла: а, б — первой цветовой группы, в, г — второй цветовой группы; д–ж — вычегдского тилла: д, е — первой цветовой группы, ё, ж — второй цветовой группы

Fig. 4. Garnets of Middle Neopleistocene tills at the Vychehda River (SEM images in secondary electron mode): а–г — Pechora till: а, б — the first color group, в, г — the second color group; д–ж — Vychehda till: д, е — the first color group, ё, ж — the second color group



Таблица 1. Химический состав гранатов в тиллах р. Лаи и результаты их пересчета на минальный состав
Table 1. Chemical composition of garnets in tills at the Laya River and results of their conversion to minal composition

Цветовая группа Color group	Компоненты, мас. % Components, wt %						Минальный состав*, % Minal composition*, %				
	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MnO	Fe ₂ O ₃	Пи Mg ₃ Al ₂	Ал Fe ₃ Al ₂	Сп Mn ₃ Al ₂	Гр Ca ₃ Al ₂	Ан Ca ₃ Fe ₂
Печорский горизонт / Pechora horizon											
Оранжевая Orange	Гроссуляри-пироп-альмандин / Grossularite-pyrop-almandine										
	5.65	22.01	36.00	6.53	1.77	28.06	22.42	54.81	4.10	17.01	1.68
	3.83	20.88	35.00	6.54	0.63	33.13	15.65	63.85	1.44	15.83	3.24
	Гроссуляри-альмандин-пироп / Grossularite-almandine-pyrop										
	11.69	22.30	36.54	5.29	0.45	23.75	43.66	42.64	0.85	10.84	2.03
	Гроссуляри-спессартин-альмандин / Grossularite-spessartine-almandine										
	1.41	21.64	35.6	9.05	13.39	18.91	5.52	37.93	30.34	25.69	0.52
Розовая Rose	Пироп-альмандины / Pyrop-almandines										
	5.99	21.26	34.41	3.21	0.62	34.49	23.14	63.87	1.37	8.68	3.25
	10.15	22.28	35.90	1.32	0.71	29.65	37.50	55.74	1.51	4.99	2.26
	9.68	22.23	35.98	1.20	0.32	30.26	38.09	57.83	0.72	2.31	1.06
	13.18	22.30	36.50	1.46	0.43	26.13	46.13	48.48	1.01	1.80	2.50
	6.21	22.35	35.21	0.69	0.85	34.71	25.41	70.76	2.01	1.28	0.55
	8.35	22.32	35.75	1.17	0.74	31.68	33.16	62.01	1.61	1.90	1.33
	7.04	21.56	34.75	3.23	1.83	31.62	27.52	59.17	4.16	6.24	2.93
	7.59	21.15	34.43	1.23	0.84	34.78	29.69	64.69	1.91	0.88	2.85
	12.23	22.61	36.66	1.64	0.26	26.61	46.04	48.99	0.52	3.44	1.03
	Гроссуляри-пироп-альмандин / Grossularite-pyrop-almandine										
	8.57	22.21	37.37	5.98	0.80	25.08	33.75	47.50	1.97	14.11	2.67
Вычегодский горизонт / Vychegda horizon											
Оранжевая Orange	Пироп-гроссуляри-альмандины / Pyrop-grossularite-almandines										
	4.32	21.55	35.06	8.10	0.75	30.23	17.01	58.25	1.76	21.68	1.32
	2.99	22.02	35.41	7.74	2.17	29.69	12.23	60.07	5.04	21.72	0.95
	3.87	21.47	35.40	7.19	2.73	29.36	15.65	57.18	6.22	18.97	2.00
	Гроссуляри-пироп-альмандин / Grossularite-pyrop-almandine										
	6.50	21.62	36.16	6.39	0.54	28.80	26.03	54.72	1.07	15.51	2.67
	Гроссуляри-альмандин-спессартин / Grossularite-almandine-spessartine										
	1.40	20.13	35.65	4.61	25.61	12.63	5.74	22.12	58.78	10.05	3.32
	Гроссуляри-андрадит / Grossularite-andradite										
	0.45	10.40	37.70	30.97	0.80	19.84	1.81	4.99	8.78	34.27	50.17
	Альмандин-спессартин / Almandine-spessartine										
	1.14	22.03	36.12	1.73	22.02	16.97	4.93	36.45	53.35	5.28	0.00
Розовая Rose	Пироп-альмандины / Pyrop-almandine										
	4.89	21.21	34.06	1.16	1.69	37.00	19.51	71.45	3.88	3.06	2.11
	7.93	22.74	35.73	2.48	0.67	30.47	31.28	60.38	1.42	6.65	0.28
	10.16	22.11	35.95	1.69	0.39	29.72	39.13	55.31	0.87	3.40	1.31
	8.71	21.56	34.90	1.10	0.69	33.05	33.85	61.64	1.39	1.31	1.82
	7.43	21.84	35.64	2.25	0.46	32.40	29.75	62.73	1.08	4.74	1.72
	Гроссуляри-пироп-альмандины / Grossularite-pyrop-almandine										
	4.13	22.48	35.99	6.35	2.23	28.83	16.90	59.01	5.30	18.25	0.56
	7.17	22.08	36.21	6.37	0.81	27.37	27.99	52.29	1.76	15.58	2.38
	4.05	21.98	36.46	5.59	1.26	30.68	17.13	62.97	3.03	15.20	1.69
	Гроссуляри / Grossularite										
	0.55	19.98	38.96	33.03	0.49	7.01	2.01	6.38	1.18	84.91	5.54

*Минальный состав: Пи — пироп, Ал — альмандин, Сп — спессартин, Гр — гроссуляри, Ан — андрадит.
Анализы выполнены в ЦКП «Наука» Института геологии Коми НЦ УрО РАН, аналитик В. Н. Филиппов.

*Minal composition: Пи — pyrop, Ал — almandine, Сп — spessartine, Гр — grossularite, Ан — andradite.
Analyses were performed in CCU Nauka of the Institute of Geology, Komi Science Centre UB RAS, analyst V. N. Philippov.

ховатой матирующей поверхностью. Иногда гладкая поверхность осложнена сколами и царапинами. Во второй группе розовых гранатов преобладает пироп-альмандин (5 зерен), составляя более половины изученных минералов, меньше содержание гроссуляри-пироп-альмандина (3 зерна) и гроссуляри (1 зерно). Соотношение минералов двух цветовых групп 1:4.

Юг Тимано-Печоро-Вычегодского региона — долина р. Вычегды

В печорском тилле первая цветовая группа гранатов состоит в основном из угловато-окатанных зерен с неровной поверхностью (рис. 4). Пересчет химического состава гранатов на минальный (табл. 2) показал наличие в группе оранжевых гранатов трех разновидностей: пироп-гроссу-



Таблица 2. Химический состав гранатов в тиллах р. Вычегды и результаты их пересчета на минальный состав
Table 2. Chemical composition of garnets in tills at the Vychehda River and results of their conversion to mineral composition

Цветовая группа Color group	Компоненты, мас. % Components, wt%						Минальный состав*, % Mineral composition*, %				
	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MnO	Fe ₂ O ₃	Пи Mg ₃ Al ₂	Ал Fe ₃ Al ₂	Сп Mn ₃ Al ₂	Гр Ca ₃ Al ₂	Ан Ca ₃ Fe ₂
Печорский горизонт / Pechora horizon											
Оранжевая Orange	Пироп-гроссуляр-альмандины / Pyrope-grossularite-almandine										
	4.43	21.26	34.95	8.01	2.38	28.96	17.52	54.41	5.37	19.58	3.11
	3.36	21.87	35.44	11.52	0.51	27.29	13.27	52.83	1.22	30.31	2.35
	Гроссуляр-пироп-альмандины / Grossularite-pyrope-almandine										
	5.68	21.82	35.53	5.68	0.49	30.79	22.77	59.79	1.07	13.43	2.94
	4.68	21.29	34.94	7.36	0.71	31	18.59	58.95	1.58	17.19	3.68
Розовая Rose	Спессартин-гроссуляр-альмандин / Spessartine-grossularite-almandine										
	0.44	20.96	36.19	12.65	8.12	21.65	1.79	41.79	18.93	33.75	3.75
	Пироп-альмандины / Pyrope-almandine										
	10.99	22.20	36.09	1.71	0.56	28.49	41.28	52.79	1.26	2.30	2.38
	11.20	22.31	35.46	1.36	0.45	29.23	41.90	53.39	1.00	1.71	2.02
	4.06	21.57	34.66	1.49	3.54	34.69	16.69	70.55	8.39	2.16	2.22
	11.64	22.39	35.83	1.09	0.43	28.61	43.75	52.50	0.91	0.97	1.87
	11.83	22.34	35.8	1.57	0.44	28.02	43.92	50.84	1.015	1.435	2.79
	5.13	20.75	32.93	0.96	1.51	38.73	20.42	73.36	3.46	0.17	2.6
	Гроссуляр-альмандин-пиропы / Grossularite-almandine-pyropes										
	17.69	23.40	38.67	5.41	0.30	14.55	61.28	24.59	0.65	12.00	1.49
	11.86	22.52	36.24	7.81	0.36	20.93	42.73	36.51	0.66	17.91	2.21
Оранжевая Orange	Гроссуляр-пироп-альмандин / Grossularite-pyrope-almandine										
	9.83	22.14	36.25	6.07	0.68	25.02	36.95	45.42	1.36	13.73	2.54
	Пироп-гроссуляр-альмандин / Pyrope-grossularite-almandine										
	4.43	21.65	35.19	7.95	1.47	29.32	17.51	56.56	3.33	20.51	2.10
Вычегодский горизонт Vychehda horizon											
Оранжевая Orange	Гроссуляр-пироп-альмандины / Grossularite-pyrope-almandine										
	7.01	21.47	35.76	8.65	0.38	26.74	26.98	48.46	0.69	18.73	5.16
	4.99	21.54	35.01	7.14	0.76	30.57	19.78	58.38	1.57	17.14	3.14
	Пироп-гроссуляр-альмандины / Pyrope-grossularite-almandine										
	4.16	22.10	35.83	9.64	1.45	26.84	16.4	52.73	3.36	25.96	1.57
Розовая Rose	5.09	22.22	35.93	9.93	0.69	26.16	20.02	50.54	1.57	26.31	1.57
	Пироп-альмандины / Pyrope-almandine										
	7.06	21.33	35.47	0.85	0.61	34.7	28.79	67.39	1.46	-	2.37
	3.91	22.69	36.54	2.11	2.31	32.45	16.99	70.66	5.79	6.56	-
	7.26	22.0	35.76	3.95	0.89	30.15	28.51	58.28	1.94	9.41	1.86
	10.4	21.84	36.06	0.93	0.33	30.45	40.42	56.42	0.71	0.35	2.11
	Гроссуляр-альмандин-пиропы / Grossularite-almandine-pyrope										
	11.13	22.62	37.53	8.18	0.5	20.04	41.34	35.92	1.03	19.68	2.05
	12.5	23.16	37.13	7.24	0.42	19.57	45.09	35.03	0.99	18.14	0.76
	Гроссуляр-пироп-альмандин / Grossularite-pyrope-almandine										
	8.5	22.11	35.86	6.83	0.28	26.44	32.22	48.67	0.52	16.04	2.55
	Пироп-гроссуляр-альмандины / Pyrope-grossularite-almandine										
	2.87	21.67	35.23	8.26	3.82	28.15	11.51	55.98	8.65	22.3	1.58
	4.1	21.81	35.27	7.8	1.0	30.03	16.5	59.04	2.13	20.21	2.13

*Минальный состав: Пи — пироп, Ал — альмандин, Сп — спессартин, Гр — гроссуляр, Ан — андрадит.
Анализы выполнены в ЦКП «Наука» Института геологии Коми НЦ УрО РАН, аналитик В. Н. Филиппов.

*Mineral composition: Пи — pyrope, Ал — almandine, Сп — spessartine, Гр — grossularite, Ан — andradite.
Analyses were performed in CCU Nauka of the Institute of Geology, Komi Science Centre UB RAS, analyst V. N. Philippov.

ляр-альмандина и гроссуляр-пироп-альмандина (по 2 зерна) и спессартин-гроссуляр-альмандина (1 зерно). Для группы розовых гранатов характерны прозрачные, реже полупрозрачные остроугольные зерна с гладкой поверхностью, на которой иногда наблюдаются шероховатости в виде углублений и бугорков. В этой группе гранатов выделены четыре разновидности. Большая часть гранатов представлена пироп-альмандином (6 зерен), 2 зерна гроссуляр-альмандин-пироп и по 1 зерну пироп-гроссуляр-альмандина и гроссуляр-пироп-альмандина. Соотношение гранатов первой и второй цветовой групп 1:2.

В вычегодском тилле гранаты первой цветовой группы представлены угловато-окатанными, редко хорошо окатанными прозрачными зернами с гладкой, у единичных зерен с шероховатой поверхностью. По минальному составу в группе оранжевых гранатов в равных количествах выделяются гроссуляр-пироп-альмандин и пироп-гроссуляр-альмандин. Вторая цветовая группа включает остроугольные и угловато-окатанные прозрачные, с гладкой поверхностью и стекляннным блеском обломки розовой и светло-розовой окраски. Гранаты представлены четырьмя разновидностями: преобладает пироп-альмандин (4 зерна), пироп-гроссу-



ляр-альмандин и гроссуляр-альмандин-пироп (по 2 зерна), и гроссуляр-пироп-альмандин (1 зерно). Соотношение минералов этих цветовых групп 2:1.

Выводы

В печорском и вычегодском тиллах установлен чрезвычайно разнообразный состав гранатов, среди которых преобладают высокомагнезиальные. Выявлены некоторые типоморфные особенности гранатов, связанные, вероятно, с формированием тиллов за счет разных питающих ледниковых провинций. В долине р. Лаи в тяжелой фракции обоих горизонтов тиллов доминируют гранаты второй цветовой группы — зерна розовой и светло-розовой окраски. В печорском тилле соотношение оранжевых и розовых гранатов составляет 1:10, что выше, чем в вычегодском, где их соотношение равно 1:4. В бассейне Вычегды для вычегодского тилла характерна максимальная концентрация гранатов первой группы — оранжевого и светло-оранжевого цвета, которых в 2 раза больше, чем розовых и светло-розовых зерен, тогда как в печорском горизонте их содержится в 2 раза меньше, чем розовых и светло-розовых гранатов.

В печорском тилле долины р. Лаи среди розовых гранатов содержание пироп-альмандина достигает 90 %, он также преобладает в печорском тилле р. Вычегды, составляя 60 %.

В вычегодском тилле на Лае в оранжевой цветовой группе гранатов половина зерен приходится на пироп-гроссуляр-альмандин и гроссуляр-пироп-альмандин, а на Вычегде они составляют все 100 %. Среди розовых и светло-розовых гранатов на пироп-альмандин в долине р. Лаи приходится 56 %, на Вычегде — 44 %.

На р. Лае в вычегодском горизонте отмечены единичные высококальциевые зерна гранатов, где содержание кальциевого компонента составляет до 90 %, и зерна с высоким содержанием спессартинового минерала (более 50 %).

С целью выявления более четких типоморфных особенностей минералов-индикаторов тиллов для их расчленения, корреляции и установления местоположения центров оледенения планируется продолжить изучение гранатов, а также циркона, эпидота и амфиболов в долинах других рек региона и в коренных породах ледниковых питающих провинций.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований РАН № 15-18-5-41 «Квартер арктических районов Европейского Северо-Востока России: седиментогенез, стратиграфия, палеогеография, полезные ископаемые».

Литература

1. Андреичева Л. Н. Питающие провинции и их влияние на формирование состава морен Тимано-Печоро-Вычегодского региона // Литология и полезные ископаемые. 1994. № 1. С. 127–131.
2. Кочетков О. С. Акцессорные минералы в древних толщах Тимана и Канина. Л.: Наука, 1967. 120 с.
3. Осовецкий Б. М. Геохимические исследования по тяжелым минералам. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2003. 191 с.
4. Природная среда неоплейстоцена и голоцена на Европейском Северо-Востоке России / Л. Н. Андреичева, Т. И. Марченко-Варапова, М. Н. Буравская, Ю. В. Голубева. М.: ГЕОС, 2015. 223 с.
5. Morton A. C. A new approach to provenance studies: electron microprobe analysis of detrital garnets from Middle Jurassic sandstones on the northern North Sea // Sedimentology. 1958a. Vol. 32. P. 553–566.
6. Morton A. C. Heavy minerals in provenance studies // Provenance Arenites. Proc. NATO Adv. Study. Inst. Cetraro, Cosenta, June 3–11, 1984. Dordrecht, 1985b. P. 249–277.

References

1. Andreicheva L. N. *Pitayuschie provintsii i ih vliyaniye na formirovaniye sostava moren Timano-Pechoro-Vychegodskogo regiona* (Source provinces and their influence on formation of morain composition of Timan-Pechora region). *Litologiya i poleznye iskopaemye*, 1994. No. 1, pp. 127–131.
2. Kochetkov O. S. *Aktessornyye mineraly v drevnih tolschah Timana i Kanina* (Accessory minerals in ancient rocks of Timan and Kanin). Leningrad, Nauka, 1967, 120 pp.
3. Osovetskii B. M. *Geohimicheskie issledovaniya po tyazhelym mineralam* (Geochemical studies of heavy minerals). Perm, 2003, 191 pp.
4. *Prirodnaya sreda neopleistotsena i golotsena na Evropeyskom Severo-Vostoke Rossii* (Neopleistocene and Holocene environment in European North-East of Russia). L. N. Andreicheva, T. I. Marchenko-Vagapova, M. N. Buravskaya, Yu. V. Golubeva. Moscow, GEOS, 2015, 223 pp.
5. Morton A. C. A new approach to provenance studies: electron microprobe analysis of detrital garnets from Middle Jurassic sandstones on the northern North Sea. *Sedimentology*. 1958a. Vol. 32, pp. 553–566.
6. Morton A. C. Heavy minerals in provenance studies. *Provenance Arenites*. Proc. NATO Adv. Study. Inst. Cetraro, Cosenta, June 3–11, 1984. Dordrecht, 1985b, pp. 249–277.



ВЗАИМООТНОШЕНИЯ КАРБОНАТНОГО ПАРАВТОХТОНА И СЛАНЦЕВОГО АЛЛОХТОНА ПАЙ-ХОЯ (ЮГОРСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

А. А. Романов¹, А. В. Журавлев²

¹ООО «ГеоИнвестПроект», Санкт-Петербург,
romanovalex@inbox.ru

²Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар,
micropalaeontology@gmail.com

Особенности тектонического взаимоотношения сланцевого аллохтона и карбонатного паравтохтона Пай-Хоя являются дискуссионными. В результате детального изучения геологического строения зоны сочленения этих структур на севере Пай-Хоя в районе мыса Пырков — оз. Хаенато — пос. Хабарово выделен ряд тектонических клиппов, сложенных глубоководными образованиями нижнего палеозоя. Анализ морфологии и ориентировки складчатых и разрывных дислокаций показал, что Главный Пайхойский надвиг сопровождается формированием шарьяжей с амплитудой перемещения по субгоризонтальной поверхности не менее 5 километров. Появившиеся свидетельства о характере надвига позволяют предполагать наличие клиппов из отложений глубоководных фаций на юге острова Вайгач. Породы карбонатного паравтохтона сильно дислоцированы и претерпели не менее сложный путь тектонических преобразований, чем аллохтон.

Ключевые слова: Главный Пайхойский надвиг, карбонатный паравтохтон, сланцевый аллохтон.

THE RELATIONSHIP OF THE SHALE ALLOCHTON AND CARBONATE PARAUTOCHTON OF PAY-KHOY (UGRA PENINSULA)

A. A. Romanov¹, A. V. Zhuravlev²

¹GeoInvestProekt, Ltd., Saint-Petersburg

²Institute of Geology of the Komi Science Centre UB RAS, Syktyvkar

Tectonic relationship of the shale allochton and the carbonate parautochton of Pay-Khoy is subject of debates. Detailed study of the geological composition of the area of allochton and parautochton junction in the North of Pay-Khoy (Cape of Pirkov, Lake of Khaenato, village of Khabarovo) demonstrates the presence of a number of klippe composed of deep-water sediments of the Early Palaeozoic age. Analyses of morphology and orientation of folds and faults show that the Main thrust fault of Pay-Khoy is accompanied by the formation of overthrust with minimum amplitude of movement on subhorizontal surface of more than 5 kilometers. The indications of the nature of the thrust suggest the presence of the deep-water facies sedimentary klippe in the south of the island of Vaigach. Carbonate parautochton was heavily deformed and undergone the same complicated way of tectonic transformations, as the allochton.

Keywords: Main thrust fault of Pay-Khoy, carbonate parautochton, shale allochton.

Введение

Югорский полуостров, особенно его северо-западная часть, характеризуются недостаточной степенью геологической изученности. Главным образом это касается тектонического строения Пайхойского поднятия и обусловлено удаленностью территории, отсутствием значимых месторождений полезных ископаемых, слабой геофизической изученностью. Неоднозначность существующих моделей тектонического строения Пайхойского орогена также определено отсутствием глубоких скважин и региональных сейсмических данных вкрест структуры.

Первые систематические геологические работы на северо-западе Пай-Хоя, в районе мыса Белый Нос — пос. Хабарово, были проведены в 30-е годы XX века. Это были, как правило, маршрутные съемки под руководством А. А. Чернова и Е. А. Кузнецова, в ходе которых составлялось общее представление о строении района. На сводной геологической карте европейской части Союза ССР, изданной в 1933 году, и в более поздних работах А. А. Чернова (1936) и А. В. Хабакова [3] строение Пай-Хоя представлялось в виде грабена. Среди тектонических контактов первостепенное значение отведено предполагаемому продольному сбросу большой амплитуды, который идет вдоль опущенной верхнепалеозойской полосы

северо-восточного Пай-Хоя, по границе со среднепалеозойскими толщами Центрального Пай-Хоя [3].

В 1938 году была издана статья Е. А. Кузнецова и К. Н. Астащенко [1], где довольно подробно излагается геологическое строение побережья пролива Югорский Шар от мыса Пырков до мыса Лакорсале. В ней удивительно точно описан фактический материал, который полностью совпадает со сделанными нами полевыми наблюдениями. В разделе о тектоническом строении региона авторы приводят следующее описание геологического строения от мыса Белый Нос до мыса Хабарово: «Имеем ли мы здесь поперечные разломы в области Югорского Шара или продольные скольжения одной серии над другой? Первое объяснило бы нам локальный характер развития, но это не оправдывается наблюдениями в других пунктах пролива. Трудно представить, что сбросовая зона захватила только указанное протяжение. Второе объяснение установило бы наличие крупных передвижений в виде серии последовательных надвигов. Последнее нам кажется вполне возможным» [1].

Позднее, в 60–80-х годах, в этом районе был проведен ряд тематических исследований по стратиграфии и тектонике. В 1994 г. выходит монография В. В. Юдина «Орогенез севера Урала и Пай-Хоя» [5], а в 2004 году



была опубликована «Палеогеодинамика Пай-Хоя» [2]. В этих работах обосновывается шарьяжно-надвиговое строение Пай-Хоя и детально рассматривается история развития тектонических структур.

В 2008 году была подготовлена к изданию Госгеолкарта масштаба 1:1000000 на территорию листа R-41 [4]. В объяснительной записке к комплексу карт авторы polemизируют с В. В. Юдиным, Н. И. Тимониным и другими исследователями в части тектонического строения Пай-Хоя. По мнению авторов карты, Главный Пайхойский надвиг (ГПН) «представляет собой круто наклонную плоскость, по которой Пайхойский антиклинорий надвинут (взброшен) в основном на свое же опрокинутое юго-западное крыло, сложенное также лемвинскими сланцевыми фациями», то есть является взбросом. Принимая такую модель тектонического строения, авторы говорят о том, что «есть еще несколько небольших по площади участков развития лемвинских фаций за пределами Пайхойского аллохтона в Иргизлинско-Карской подзоне» [4]. Этот факт создает значительный диссонанс при попытке взаимоотносить тектоническое и фациальное районирование территории для разных возрастных уровней.

Таким образом, на данный момент существует две точки зрения на тектоническое строение Пай-Хойского поднятия и кинематику ГПН. Первая — точка зрения В. В. Юдина — предполагает перемещения пород по поверхностям detachment на значительные расстояния, а Пайхойское поднятие в этой модели представляется как высокоамплитудный шарьяж. Эта точка зрения практически не подкреплена тектонофизическим обоснованием столь значительных перемещений и трансляции напряжений и объясняется поддвигом пассивной части Евразийского континента под Тагил-Магнитогорскую островную дугу. Вторая точка зрения, обосновывающая исключительно взбросовый характер ГПН, не объясняет сочленение разнофациальных отложений и высокие (до 4) коэффициенты сжатия складчатости в центральной части поднятия.

Результаты и обсуждение

Собранный в 2015 году фактический материал опровергает некоторые представления наших предшественников и подтверждает точку зрения Е. А. Кузнецова, К. Н. Астащенко и В. В. Юдина.

В ходе исследований Хабаровской антиклинали в береговых обрывах пролива Югорский шар было обнаружено, что вскрывающиеся там отложения ошибочно отнесены к Елецкой СФЗ. Здесь нами была описана циклически построенная толща, в которой элементарный цикллит представлен известняком темно-серым, пелит-тонкодетритовым, с рассеянным мелким детритом, волнисто-субпараллельно-слоистым, постепенно переходящим в известняк пелит-тонкодетритовый и далее в аргиллит темно-серый, параллельно-слоистый. Границы цикллитов пологоволнистые. Мощность цикллита 0.1–0.2 м, вверх по разрезу преобладание аргиллитов сменяется доминированием известняков. В верхней части свиты элементарный цикллит представлен известняком темно-серым, мелкодетритовым, волнисто-слоистым, постепенно переходящим в известняк пелитоморфный с рассеянным мелким детритом, полого-волнисто-слоистый. Границы цикллитов пологоволнистые, подчеркнуты глинистыми примазками. Мощность цикллита 0.2–0.3 м. Общая мощность толщи составляет около 150 м.

По структурно-текстурным признакам цикллиты отвечают элементам d, e и f цикла Боума, характеризующим дистальные отложения мутьевых потоков. По строению цикллитов описанная толща сходна с близкой по возрасту тальбейтовисской свитой сланцевой зоны Пай-Хоя. Таким образом, отложения, слагающие Хабаровскую антиклиналь, следует относить скорее к лемвинским фациям, чем к елецким. Такие же отложения были описаны в бассейне р. Нахряха и в районе мыса Белый Нос (рис. 1). Взаимоотношения пород на участке возможно объяснить надвигом пород глубоководных фаций на более мелководные по Главному Пайхойскому надвигу.

Был детально исследован район мыса Пырков — оз. Хаенато — пос. Хабарово. Здесь установлены Белоносковский и Нахряхский клиппы фрагментов чешуй лемвинских фаций, надвинутых по неровной субгоризонтальной поверхности Главного Пайхойского надвига на елецкие образования (паравтохтон). Последние вскрыты эрозией в тектонических окнах.

Паравтохтон сложен породами биогермно-отмельного комплекса, представленных волнисто-слоистыми детритовыми известняками и вторичными доломитами, а также микробиально-водорослевыми и строматопоровыми органогенными постройками с грубообломочными шлейфами.

Главный Пайхойский надвиг

ГПН является определяющим элементом в строении участка (как и всего Пай-Хоя). Поверхность ГПН представляет собой зону тектонической брекчии, оцениваемую по мощности не более 10 м. Брекчия обнажена на фронте Хабаровской чешуи, где в береговом обрыве вскрывается несортированная смесь грубого материала от глыб размером 4 м до гравия с песчаным и более мелким заполнителем (рис. 2). Обломки пород представлены как фрагментами глинисто-карбонатных цикллитов аллохтона, так и в меньшей степени доломитами сармикской свиты карбонатного паравтохтона. В этом же обнажении установлено базальное стесывание аллохтона.

Надвиг, ограничивающий с юго-запада Хабаровскую антиклиналь (ГПН?), вероятно, является пологонаклонной поверхностью с падением на восток. Для Нахряхского и Белоносковского клиппов эта поверхность, скорее всего, является субгоризонтальной, волнистой. В принадвиговой зоне породы аллохтона сильно смяты в дисгармоничные складки.

По границе Белоносковского клиппа встречены субгоризонтальные борозды скольжения со средним истинным азимутом простирания 45° (рис. 3). Распространение клиппов позволяет оценить субгоризонтальное перемещение аллохтона по поверхности ГПН в величину не менее 5 км. По данным [5], амплитуда ГПН составляет около 40 км.

Хабаровская антиклиналь

Хабаровская пластина (антиклиналь) является наиболее крупным тектоническим телом, выходящим на дневную поверхность на участке. В работах В. Е. Енокян (1971) указывается со ссылкой на работу В. И. Бондарева (1967), что внутренняя часть антиклинали сложена образованиями хабаровской свиты, а крылья — образованиями сармикской свиты. Нашими работами установлено, что в береговых обрывах стратотип хабаровской свиты отсутствует, а на протяжении 9 километров обнажается

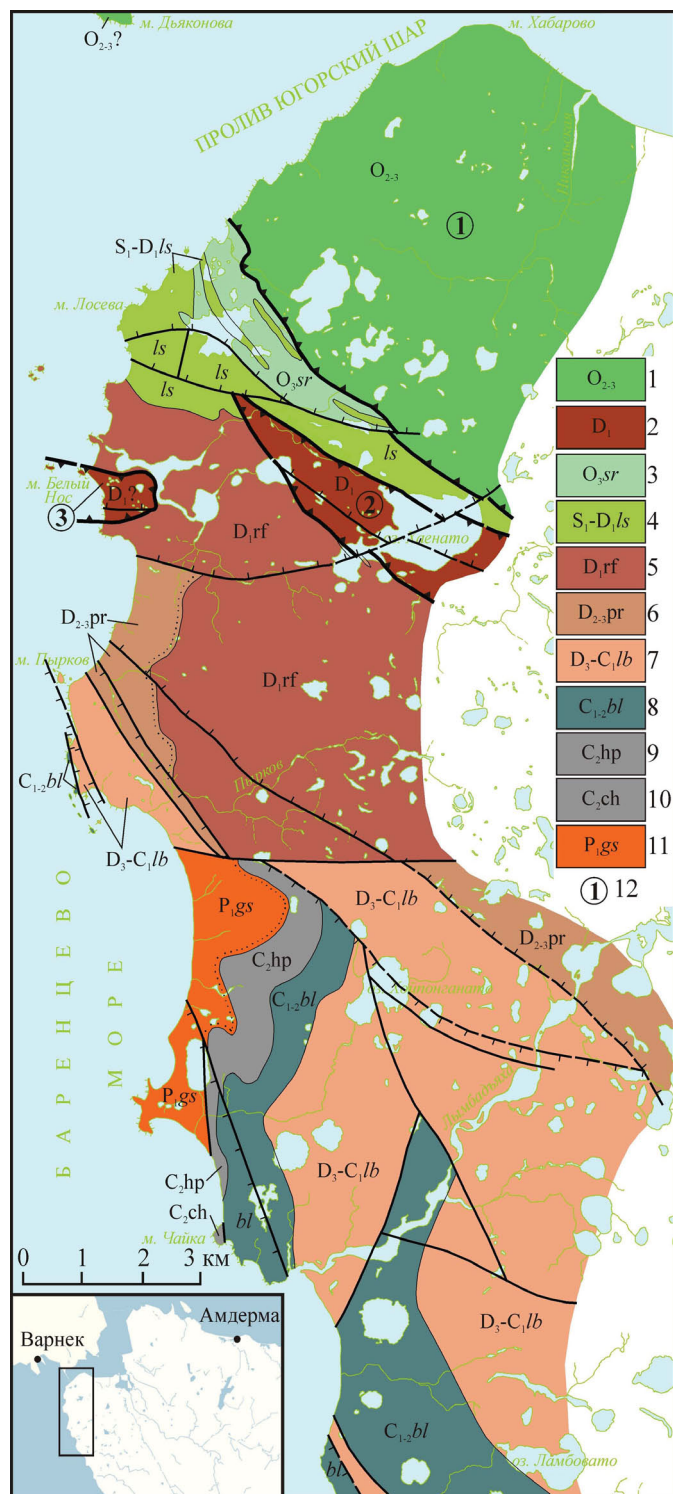


Рис. 1. Геологическая карта района. Условные обозначения: подразделения аллохтона: 1 — средне- и верхнеордовикские образования; 2 — нижнедевонские образования; подразделения паравтохтона: 3 — сармическая свита; 4 — лосевская свита; 5 — рифовая толща; 6 — пырковская толща; 7 — лымбадьяхинская свита; 8 — болванская свита; 9 — хойпонганасейская толща; 10 — чайкинский риф; 11 — гусятинская свита; 12 — блоки аллохтона: 1 — Хабаровская пластина, 2 — Нахарьяхский клипп, 3 — Белоносковский клипп

Fig. 1. Geological map of the area. Legend: allochthon divisions: 1 — Middle-Upper Ordovician formation; 2 — Lower Devonian formations; parautochthon divisions: 3 — Sarmikskaya suite; 4 — Losevskaya suite; 5 — Reef strata; 6 — Pyrkovskaya strata; 7 — Lymbadyahinskaya suite; 8 — Bolvanskaya suite; 9 — Hoyponganaseyskaya strata; 10 — Chaykinsky reef; 11 — Gusinaya suite; 12 — Allochthon blocks: 1 — Khabarovo plate, 2 — Naharyaha klippe, 3 — Belonosovsky klippe

в различной степени смятая в складки толща мощностью не более 150 м, относящаяся к глубоководному типу разреза. В целом в хабаровской пластине зеркало складчатости имеет антиклинальную форму, осложненную мелкими ныряющими надвигами. По взаимоотношению с окружающими структурно-вещественными комплексами эту пластину можно интерпретировать как шарьяжную чешую.

Хабаровскую пластину от реки Никольской на востоке до ее фронта на западе по обнажениям в береговых обрывах можно условно разделить на три части:

1. *Район реки Никольской и мыса Хабарова.* В этой части породы смяты в закрытые складки до изоклинальных. Порода сильно раскливажированы, с ярко проявленным преломлением кливажа, известняковые слои будинированы (рис. 4, А, Б). Обнаженность этой части низкая из-за рыхлости пород, провести более детальные структурные наблюдения не удалось.

2. *Район от мыса Хабарова до средней части антиклинали.* Здесь породы смяты в пологие малоамплитудные (10–20 м) складки шириной 80–150 м с углами падения крыльев 7–15°. Осевые плоскости замеренных складок (рис. 4, Д) имеют единое простирание, но различную вергентность от северо-восточного до юго-западного направления. Вероятнее всего, они являются брахискладками. Несмотря на относительно спокойную складчатость, в этом районе также развиты крутопадающие дизъюнктивные структуры с небольшой амплитудой (первые метры) и послойные срывы (рис. 4, Г). Последние проходят, как правило, в антиклиналях, маркируются карбонатными жилами с бороздами скольжения (средний истинный азимут простирания 105°). В слоевых последовательностях послойные срывы выражены в мозаично-блочном дроблении слоев, заключенных между ними. Блоки разделены трещинами, залеченными кальцитом, мощностью 1–3 см. Простирание трещин хорошо коррелирует с бороздами скольжения на послойных срывах и составляет 90–130° (рис. 4, В). Во время складкообразования слои дробились в зонах растяжения (в ядрах антиклиналей) на блоки и проскальзывали относительно друг друга.

3. *Район от средней части Хабаровской антиклинали до ее западной границы* представлен более интенсивно дислоцированной толщей, чем предыдущая часть. Большинство складок более высокоамплитудные, шириной 50–100 м, углы падения крыльев 30–70°; в меньшей степени проявлены широкие малоамплитудные. Осевые плоскости замеренных складок в большинстве своем падают в северо-северо-западном направлении (рис. 4, Е). Для этой зоны характерен неравномерный стиль складчатости, присутствуют узкие (до 10 м) изоклинальные складки.

Первая часть Хабаровской антиклинали, вероятно, относится к тыловой части чешуи (корни шарьяжа?); вторая обнажается в менее глубоком эрозионном срезе, чем третья; последняя — принавивговая зона интенсивно дислоцированных пород. Такое деление также подтверждается замерами осевых плоскостей (рис. 4, Е), из которых видно, что в принавивговой зоне (в подошве аллохтона) складки в целом наклонены в одну сторону — осевые плоскости падают на север, северо-запад. Это может косвенно говорить о том, что передвижение аллохтона проходило в том же направлении, или о наличии в надвиге сдвиговой составляющей. Для пород, которые больше удалены от базальной части аллохтона, характерна складчатость с осевыми плоскостями различной вер-

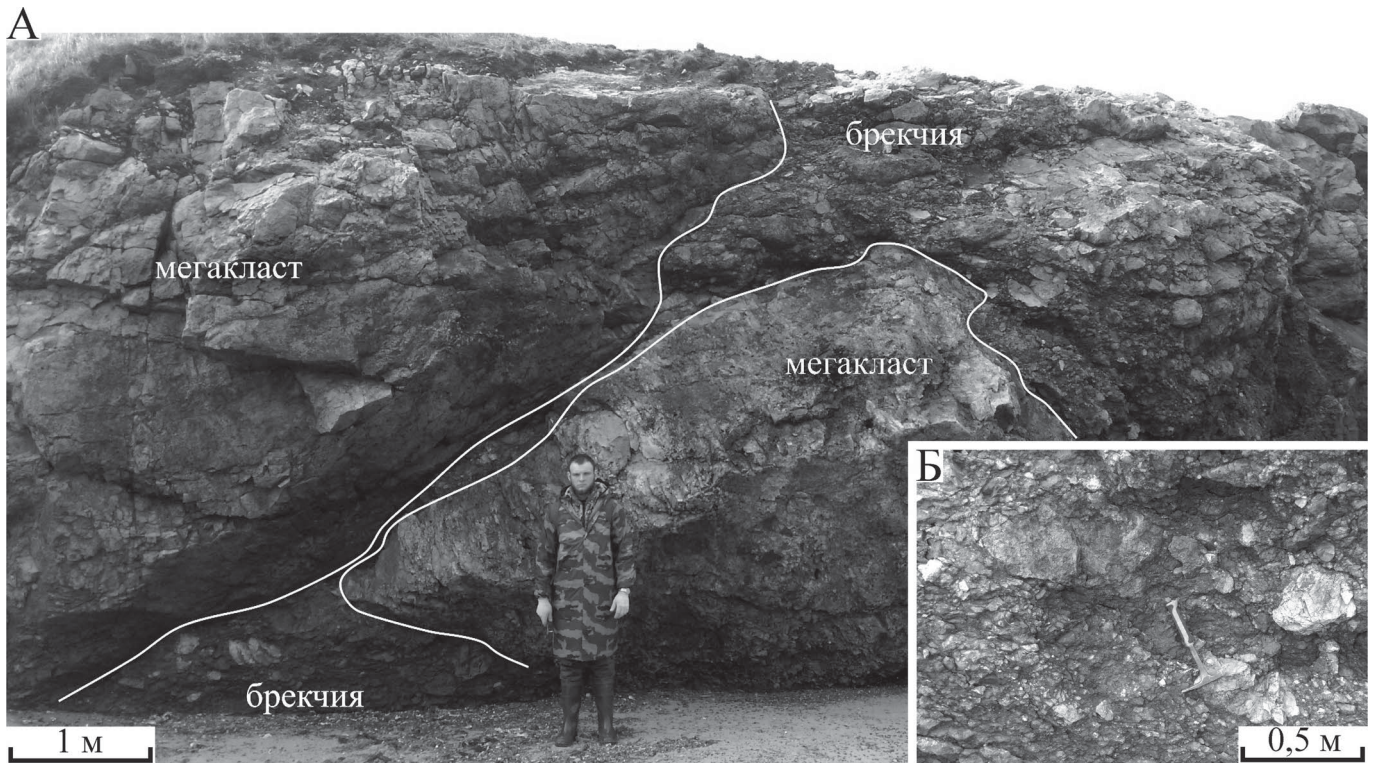


Рис. 2. Тектоническая брекчия в зоне Главного Пайхойского надвига: А — общий вид обнажения, Б — брекчия, цементирующая мегакласты

Fig. 2. Tectonic breccia in zone of Main Pay-Khoy thrust: А — general view of outcrop, Б — photo of the breccia, cementing megaclasts



Рис. 3. Отпрепарированная пришлифованная поверхность ГПН — секущая слоистость в карбонатных породах паравтохтона (южная граница Белоносковского клиппа на берегу Баренцева моря). Отчетливо видны борозды скольжения, азимут простирания которых равен 45°

Fig. 3. Prepared surface of MPT — in carbonate rocks of the parautochthon (southern boundary of Belonosovsky klippe on the coast of the Barents Sea). See the sliding furrows with strike azimuth 45°

гентности, от северо-восточной до юго-западной. Как будет показано далее, вероятно, в хабаровской пластине скольжение пород происходило по нескольким межслоевым срывам. В целом в теле покрова отмечается неравномерная (дисгармоничная) складчатость с увеличением степени дислоцированности у подошвенного надвига.

Во внутриматериковой части хабаровской пластины отсутствуют значительные обнажения и каньоны. Для получения информации о внутреннем ее строении было проведено дешифрирование спутниковых снимков, представленных на сайте bing.com (рис. 5). Детализация снимков на обсуждаемый участок достигает 1 м на пиксель, что обеспечивает избыточную подробность пред-

ставления поверхности. Съемка проведена ранней весной, когда еще отсутствует растительный покров.

Наилучшая дешифрируемость снимков приходится на положительные формы рельефа. Во время полевых работ было проведено обследование района для выявления того, что же дешифрируется на этих снимках. Те места, где дешифрируемость повышенная, представляют собой хорошо дренируемые, без сплошного растительного покрова области с маломощным покровом элювиально-делювиальных образований и сплошным развитием мерзлотного выпучивания грунта. Возможно, медальоны вымерзания выстраиваются в систему согласно подстилающим коренным породам. В этих структурах на по-

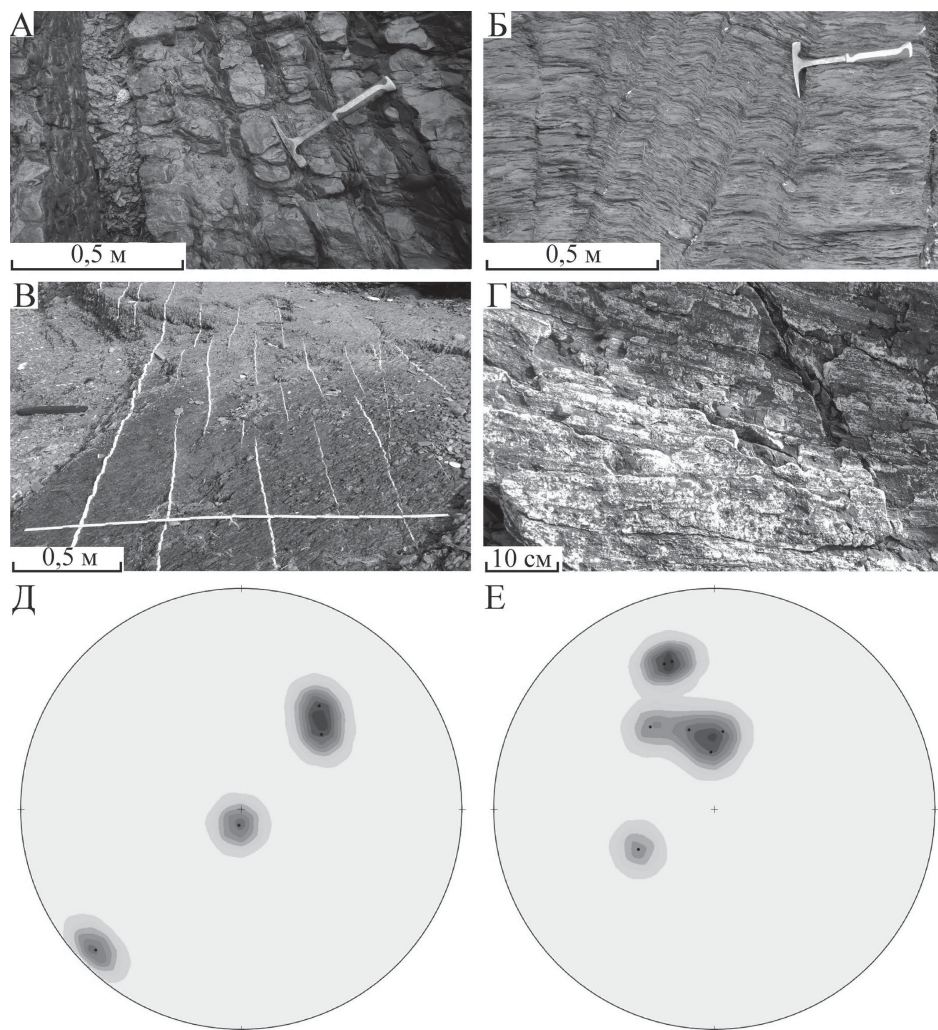


Рис. 4. Дислокации: А — будинированные толщи в районе устья реки Никольской, Б — характер кливажа в восточной части хабаровской пластины, В — трещины, развитые на крыльях складок, Г — поверхность послойного срыва в складках, Д и Е — гномостереографические проекции на сетке Вульфа осевых плоскостей складок для средней и западной частей хабаровской антиклинали соответственно

Fig. 4. Dislocations: A — boudinaged strata near the mouth of the Nikolskaya River, B — character of cleavage in the eastern part of Khabarovskaya plate, B — fractures on fold limbs, Г — stripping surface in the folds, Д and Е — gnomostereographical projection in the Wolfe grid of axial planes of folds for middle and western parts of Khabarovsk anticline respectively

верхность выносятся много фрагментов подстилающих пород, что придает им характерный оттенок. Также было установлено, что простираения слоистости совпадают с дешифрованными линеаментами. Таким образом, мы выяснили, что в целом на результаты дешифрирования можно опираться и они отражают реальные структуры в коренных породах.

Анализ материалов дешифрирования космической съемки показывает, что внутренняя часть пластины смята в дисгармоничные складки. Наиболее высокоамплитудные и закрытые до изоклиналиных складки находятся в пределах первой (тыловой) зоны хабаровской пластины, что сходится с предположением о нахождении там корней шарьяжа. Для средней и фронтальной частей характерен более спокойный тип складчатости: структуры с меньшей амплитудой, складки закрытые, разрывных нарушений дешифрируется меньше. Положительные формы рельефа формируют зоны с большим скоплением призмковых частей складок, наиболее сжатых элементов структурно-вещественного комплекса. Отрицательные формы рельефа соответствуют зонам межслоевого скольжения или зонам смены стиля складок. Именно они являются определяющим элементом дисгармоничности складчатости. В этих зонах, очевидно, породы трещиноваты, разбиты на блоки, имеют меньшую устойчивость к выветриванию.

Нахарьяхский клипп

Отложения Нахарьяхского тектонического останца смяты в узкие, часто изоклиналиные складки с простира-

нием осей по азимуту 300°. Осевые плоскости складок субвертикальны или падают на северо-восток. Клипп, вероятно, разбит на серию чешуй надвигами с северо-западным простираением сместителей. В паравтохтоне присутствуют интенсивно дислоцированные блоки, сложенные лосевской, рифовой и пырковской толщами. Основная часть клиппа сложена смятыми в изоклиналиные складки раннедевонскими (раннеэвмские, датированы по конodontам *Panderodus* sp. и *Pandorinellina miae* (Bultynck)) карбонатами — темно-серыми глинисто-кремнистыми известняками, формирующими градационные циклиты (0.05—0.2 м) с глинистыми примазками по границам.

По характеру складчатости можно сделать вывод, что перемещение пород Нахарьяхского клиппа проходило с северо-востока на юго-запад.

Белоносковский клипп

Белоносковский клипп представляет собой останец принадвигой части аллохтона. Породы интенсивно смяты в складки различных морфологических типов (закрытые, изоклиналиные, коробчатые, шевронные и др.), которые, сочетаясь друг с другом, формируют сложную дисгармоничную толщу. Ширина и амплитуды складок — первые метры. Шарниры складок разнонаправленные. Зеркало этой мелкой складчатости формирует более крупные пликативные структуры. В пределах клиппа отложения разбиты на несколько более мелких чешуй малоамплитудными надвигами с азимутами падения около 60°, углами падения 40°. Из-за сильной дислоцированности практически каждый аргиллитовый прослой

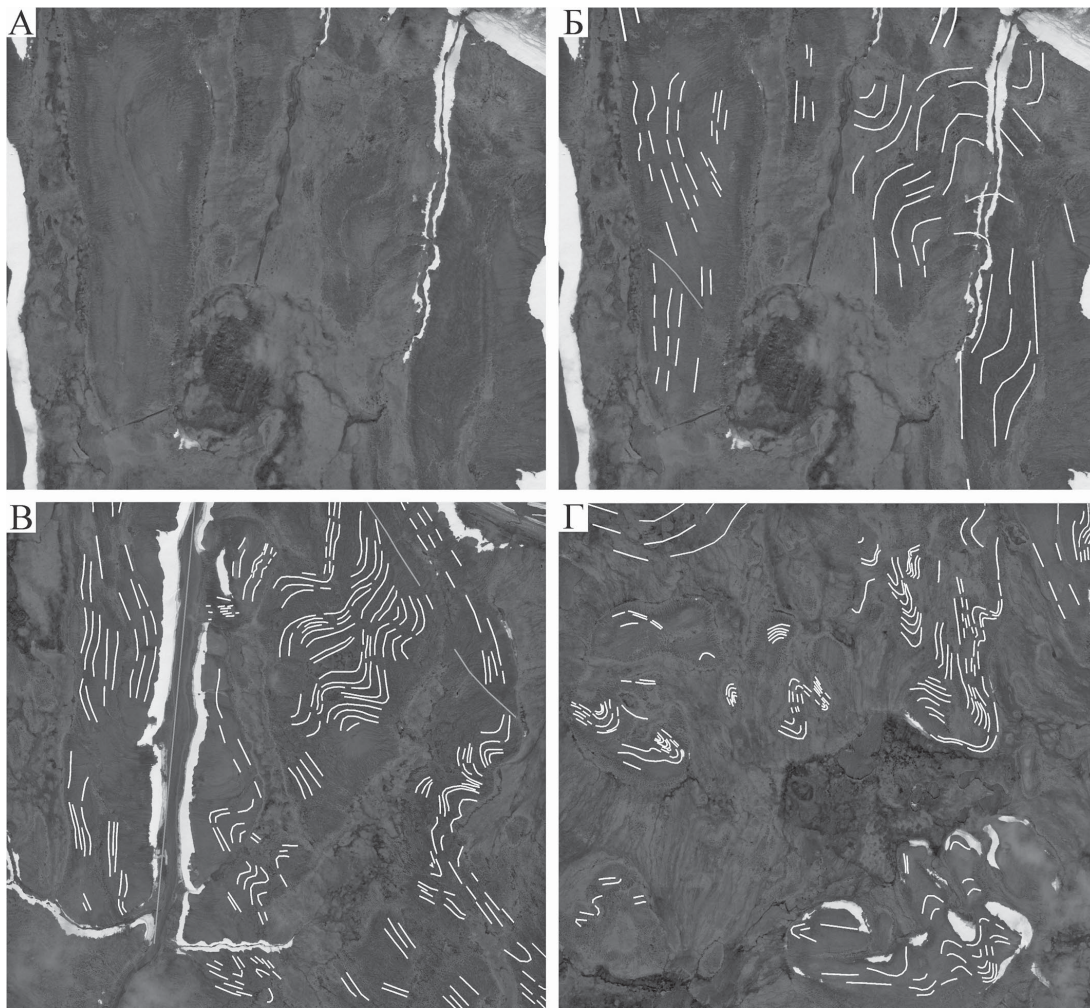


Рис. 5. Фрагменты отдешифрированной части Хабаровской пластины (размеры участков 3×3 км): А — исходный снимок (участок в районе впадения реки Никольской в пролив Югорский Шар), Б — та же часть с отдешифрованными линеаментами, В — участок в районе реки Никольской, Г — участок в центре Хабаровской пластины

Fig. 5. Fragments of annotated Khabarovskaya plate (3×3 km). А — initial image (near the confluence of the Nikolskaya River into the Yugorsky Shar Strait), Б — the same part, with annotated lineaments, В — area near the Nikolaskaya River, Г — area in the center of Khabarovskaya plate

смятой толщи представляет собой поверхность межслоевого скольжения, выполненную кальцитом (мощность до 1 см). Более известковые разности раздроблены до щебнистой размерности и аккуратно цементированы кальцитовыми жилками (мощностью до 0.5 см). Из-за этого темно-серые породы издавна выглядят белыми.

Граница между Белоносским клиппом и паравтохтоном, как правило, задернована. В ближайших к этой границе обнажениях пород паравтохтона встречаются борозды скольжения (азимут простирания 45°) и приполированные поверхности (рис. 3), которые интерпретируются нами как Главный Пайхойский надвиг. По элементам залегания поверхностей надвигов, осложняющих структуру клиппа, можно сделать вывод о перемещении пород с северо-востока на юго-запад, что, в общем, согласуется с наблюдениями в Хабаровской антиклинали.

Датировать породы Белоносского клиппа не удалось. Возраст условно принимается раннедевонским с предположением, что отложения в этом клиппе не древнее отложений Нахарьяхского.

Карбонатный паравтохтон

В целом для паравтохтона, сложенного позднеордовикско-раннепермскими шельфовыми отложениями, характерна интенсивная дислоцированность (складки от

широких, открытых до узких, изоклинальных) и развитие зон трещиноватости с азимутами простирания 110–130°, 20–40°, 60–70°. К этим зонам трещиноватости приурочены битумопроявления, широко распространенные в поле развития лосевской и рифовой толщ. Как правило, антиклинальные складки в этом блоке формируют отрицательные формы рельефа (их замковые части сильно трещиноваты), а синклинали — положительные формы рельефа. Это, вероятно, свидетельствует о том, что складки формировались снизу вверх, то есть образовывались преимущественно антиклинали (складки выдавливания на «твердом» фундаменте).

Стоит отметить, что отложения паравтохтона представлены значительно менее контрастными слоевыми последовательностями, чем породы аллохтона, что значительно усложняет изучение их структуры.

Паравтохтон на изученной территории условно можно разделить на две части. Первая — северная — расположена от мыса Пырков до мыса Лосева (Северный сегмент). Вторая — южная — расположена на юг от мыса Пырков до реки Сиртяха (Южный сегмент; южнее изучение не проводилось).

Северный сегмент сложен позднеордовикско-раннекаменноугольными шельфовыми отложениями. Его можно разделить на несколько фрагментов с особым сти-



лем складчатости. Северный фрагмент от мыса Белый Нос до мыса Лосева с юга отделен разрывным нарушением, проходящим через долину реки Нахарьяха и озеро Хаенато, с востока перекрыт аллохтоном. В береговых обрывах для этой части установлено веерообразное расположение простираций осевых плоскостей складок с фокусом в районе Нахарьяхского клиппа и озера Хаенато. Этот факт, вероятно, указывает на градиент напряжений внутри фрагмента с максимумом в районе фокуса. В южной части Северного сегмента из-за плохой обнаженности проведено меньше наблюдений, но в целом можно сказать о том, что здесь происходит разворот всех структурных элементов (осей складок и разрывных нарушений) по часовой стрелке относительно северной части, то есть переход к пайхойским (северо-западным) простирациям структур. Такой поворот структурных элементов должен сопровождаться правыми сдвигами или сдвиговой составляющей в надвигах.

Южный сегмент изучаемой территории сложен среднедевонско-раннепермскими шельфовыми отложениями. Относительно Северного сегмента он является опущенным по разлому неясной кинематики (или наоборот, Северный сегмент приподнятый). Несмотря на то, что основные элементы структуры имеют северо-западное простираание, в северной его части зафиксированы повороты структурных элементов против часовой стрелки (левые сдвиги).

Обсуждение результатов

Основной вопрос, который возникает при исследовании этого региона, касается возраста и последовательности возникновения дислокаций в аллохтоне и паравтохтоне. Если при мелкомасштабных региональных построениях прямая последовательность формирования надвигов от тыла к фронту аккреционного комплекса кажется очевидной [2, 5], то при переходе к более крупномасштабным исследованиям это становится не столь очевидным.

В нашей модели мы приняли, что крупные разрывные нарушения в паравтохтоне образовались позже надвигания аллохтона, хотя однозначные доказательства в подтверждение этого на исследуемом участке найдены не были.

Отложения паравтохтона сильно дислоцированы и были столь же интенсивно вовлечены в складчатость, как и аллохтон, то есть, по сути, тоже являются частью аккреционного комплекса. Вероятно, зона с высокой степенью дислоцированности паравтохтона с юго-запада ограничена Южно-Пайхойским надвигом.

В ходе исследования района выявлены разрывные нарушения северо-восточного и восточного простираания, которые разделяют различные тектонические фрагменты с несколько отличной морфологией складок, то есть их формирование происходило в ходе складчатости.

Ранее ГПН картировали уходящим в пролив Югорским Шаром [4]. Настоящим исследованием показано наличие шарьяжей в структуре Пай-Хоя и новое положение ГПН, переходящего на о. Вайгач, где имеются клиппы, ранее никак не интерпретируемые (отложения глубоководных фаций за пределами ГПН [4]). Полученные данные свидетельствуют о недоизученности южной части острова Вайгач, где последние геологические работы проводились в 50–60-е годы, когда еще не было представлений о тектоническом строении Пай-

Хоя, которыми мы руководствуемся на данный момент. Например, В. С. Енюкин (1971) указывал на наличие пород глубоководных фаций на о. Вайгач. Таким образом, можно утверждать, что Главный Пайхойский надвиг является не взбросом (как он трактовался в [4]), а высокоамплитудным надвигом — шарьяжем.

Выводы

В ходе изучения северо-западной оконечности Пай-Хоя получены новые данные по тектоническому строению участка, на основе которых можно сделать следующие выводы:

1. Главный Пайхойский надвиг сопровождается формированием шарьяжей с минимальной амплитудой перемещения по субгоризонтальной поверхности более чем 5 км. Появившиеся свидетельства о характере ГПН позволяют выделять клиппы отложений глубоководных фаций на юге острова Вайгач.

2. Породы паравтохтона сильно дислоцированы и претерпели не менее сложный путь тектонических преобразований, чем аллохтон. Это позволяет говорить о длительной, возможно многоэтапной, истории тектонического развития региона.

Литература

1. Кузнецов Е. А., Астащенко К. Н. Геологическое строение северо-западной части хребта Пай-Хой // Известия Академии наук СССР. Серия геологическая. 1938. № 4. С. 515–540.
2. Тимонин Н. И., Юдин В. В., Беляев А. А. Палеогеодинамика Пай-Хоя. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 223 с.
3. Хабаков А. В. Геологическое строение Карского побережья Северо-Восточного Пай-Хоя // Труды Горно-геологического управления Главсевморпути, 1945. Вып. 20. С. 48–50.
4. Шишкин М. А., Шкарубо С. И., Молчанова Е. В., Маркина Н. В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Южно-Карская. Лист R-41 — Амдерма. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012. 383 с.
5. Юдин В. В. Орогенез севера Урала и Пай-Хоя. Екатеринбург: Наука, 1994. 285 с.

References

1. Kuznetsov E. A., Astashenko K. N. *Geologicheskoe stroenie severo-zapadnoi chasti hrebtia Pai-Hoi* (Geological structure of north-western pay-Khoy ridge). *Izvestiya Akademii nauk SSSR. Seriya geologicheskaya*. 1938, No.4, pp. 515–540.
2. Timonin N. I., Yudin V. V., Belyaev A. A. *Paleogeodinamika Pai-Hoya* (Paleogeodynamics of Pay-Khoy). Ekaterinburg, UB RAS, 2004, 223 pp.
3. Habakov A. V. *Geologicheskoe stroenie Karskogo poberezhya Severo-Vostochnogo Pai-Hoya* (Geological structure of Kara coast of north-eastern Pay-Khoy). *Trudy Gorno-geologicheskogo upravleniya Glavsevmorputi*, 1945, 20, pp. 48–50.
4. Shishkin M. A., Shkarubo S. I., Molchanova E. V., Markina N. V. et al. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii* (State geological map of Russian Federation). Scale 1:1000000 (3rd generation). *Yuzhno-Karskaya*. R-41 Amderma. Explanatory note. St. Petersburg, Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, 2012, 383 pp.
5. Yudin V. V. *Oroenez severa Urala i Pai-Hoya* (Orogenesis of North Urals and Pay-Khoy). Ekaterinburg, Nauka, 1994, 285 pp.



МИНЕРАЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЛЬМЕНИТ-ЛЕЙКОКСЕНОВЫХ РУД ПИЖЕМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, СРЕДНИЙ ТИМАН

А. В. Понарядов

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

alex401@rambler.ru

Перспективы развития горно-рудной промышленности в Республике Коми связывают с крупнейшими месторождениями титана — Ярегским и Пижемским. Новые данные в области минералого-технологических исследований титановых руд позволят ускорить освоение этих месторождений, определить эффективные технологии их переработки и перечень товарной продукции. Использован комплекс минералого-аналитических методов (оптическая микроскопия, рентгенографический и рентгенофлуоресцентный анализы, микрорентгеноспектральный анализ). Показано, что ильменит-лейкоксеновые руды Пижемского месторождения имеют сложный полиминеральный состав, наряду с главными рудными компонентами присутствуют другие металлы, форма нахождения которых различная (изоморфная примесь, самостоятельные минеральные фазы). Морфометрические характеристики зерен ильменит-лейкоксеновой руды указывают на необходимость применения комбинированных методов обогащения и новых технологий утилизации сырья.

Ключевые слова: *Пижемское месторождение, ильменит-лейкоксеновые руды, морфоструктурные характеристики, технологические свойства.*

MINERALS AND PROCESSING FEATURES OF ILMENITE-LEUCOXENE ORES OF PIZHEMSKOE DEPOSIT, MIDDLE TIMAN

A. V. Ponaryadov

Institute of Geology Komi SC UB RAS, Syktyvkar

Prospects of development of the mining industry in the Komi Republic are associated with the largest deposits of titanium — Yaregskoe and Pizhemsckoe. New data on the mineralogical and technological properties of titanium ores will allow accelerating the development of these deposits and proposing effective technologies of titanium ore processing and enhancing the list of commodity products. The set of mineralogical and analytical methods was used (optical and electron microscopy, X-ray and X-ray fluorescence analysis). Ilmenite-leucoxene ores of Pizhemsckoe deposit are of complicated character, different metals (isomorphic impurity, autonomous mineral phases) are present along with main ore components. The morphometric characteristics of grains of ilmenite-leucoxene ore point to the need to use combined methods of enrichment and utilization.

Keywords: *Pizhemsckoe deposit, ilmenite-leucoxene ore, morphometric characteristics, technological properties.*

Введение

В рамках титанового проекта Республики Коми на базе Пижемского месторождения планируется строительство инновационного горно-металлургического комплекса по добыче и переработке титановой руды и кварцевых песков. Существующие технологии переработки и обогащения титановых руд не удовлетворяют запросам индустрии из-за высокой стоимости конечного продукта.

Пижемское месторождение (Средний Тиман, рис. 1) представляет собой погребенную слаболитифицированную россыпь, расположенную на северо-западном окончании Вольско-Вымской гряды Среднего Тимана. Титаноносный пласт протягивается более чем на десять километров с юга на север и до 10 километров с запада на восток, занимая площадь около 90 км² в среднем течении р. Печорская Пижма.

В геологическом строении района Пижемского месторождения принимают участие верхнепротерозойские и девонские отложения, почти повсеместно перекрытые четвертичными осадками различной мощности (от 0.2 до 40 м). В низах девонского разреза установлен титаноносный продуктивный горизонт — малоручейская свита, мощность которой достигает 300 м и определяется палеорельефом времени накопления. В объеме отложений первой и базальной части третьей пачек (D₂mgc₂₋₃) малоручейской свиты выделяется Пижемское место-

рождение титана. Наибольшее содержание TiO₂ (около 14.5 %) отмечается: 1) в пласте среднезернистых (иногда крупнозернистых и гравелитистых), хорошо сортированных песчаников на границе второй и третьей пачек; 2) в отложениях субаэральных выносов и подводно-пляжевых зон, представленных среднезернистыми песчаниками и гравелитами [3]. Мощность титаноносного пласта колеблется от 38 до 90 м, уменьшаясь от центра залежи (за исключением западного направления). Титаноносная толща считается древней палеороссыпью, сформировавшейся за счет размыва и переотложения коры выветривания на нижележащих рифейских сланцах [3]. Среднее содержание титановых минералов достигает 200 кг/т. Содержание лейкоксена в песчаниках достигает 15 %. Перекрывается титаноносная толща среднедевонскими аллювиальными кварцевыми песчаниками.

Целью настоящей работы является получение новых данных о минеральном составе, характере локализации рудных минералов, их технологических свойствах для оценки эффективности технологий переработки ильменит-лейкоксеновых руд Пижемского месторождения и товарной продукции.

Методы исследования

Исследование ильменит-лейкоксеновых руд осуществлялось комплексом методов. Предварительно проба песка была классифицирована и фракционирована

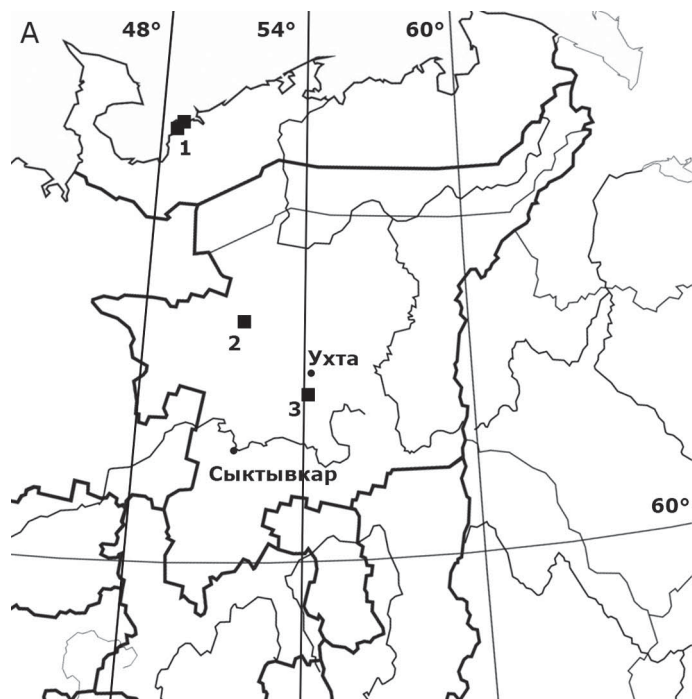


Рис. 1. А — обзорная географическая схема расположения титановых месторождений и проявлений Тимана: 1 — Сувойное и Пембойское, 2 — Пижемское, 3 — Ярегское; Б — ильменит-лейкоксеновая руда

Fig. 1. Schematic map of titanium deposits and occurrences of Timan: 1 — Suvoynoe and Pemboyskoe occurrences, 2 — Pizhemsкое deposit, 3 — Yaregskoe deposit (A); leucoxene ore (Б)

по плотности ($\rho = 2.9 \text{ г/см}^3$). Химический и минеральный состав и морфоструктурные характеристики изучены рентгенофлуоресцентным анализом (XRF Shimadzu 1800), методами оптической микроскопии (стереоскопический микроскоп МБС-9), рентгеновской дифракцией (Shimadzu 6000), рентгеноспектральным микроанализом (VEGA 3 Tescan, режим обратно-рассеянных электронов). Морфоструктурные параметры минеральных фаз определены оптико-геометрическим методом с помощью программы ImageJ. Рентгенографический полуквантитативный анализ выполнен в ВИМС (X'Pert PRO MPD).

Минеральный состав

По данным оптико-минералогического анализа, тяжелая фракция ильменит-лейкоксеновой руды сформирована ильменитом, рутилом, анатазом, цирконом, эпидотом, магнетитом, хромшпинелидами, турмалином, пиритом, куларитом, монацитом. Также встречается лейкоксен, представленный зернами желтого и слегка розоватого цвета, удлиненными вдоль одной из осей. Ильменит разной степени сохранности имеет черный цвет, металлический блеск, раковистый излом, несовершенную спайность. Выделяются следующие разновидности: 1) ильменит без визуальных следов изменения; металлический блеск присутствует на большей части поверхности зерен; 2) ильменит различной степени сохранности, на поверхности которого присутствуют примазки светлого цвета — участки лейкоксенизации — от незначительных по площади до занимающих большую часть зерна. Основная доля зерен ильменита и лейкоксена концентрируется в классах крупности $-0.5+0.25$ и $-0.25+0.1$ мм. С понижением крупности увеличивается содержание титановых минералов, что связано с раскрытием их зерен.

С помощью бинокулярного стереоскопического микроскопа были выделены мономинеральная фракция ильменита и обогащенные фракции, сформированные лейкоксеном.

На дифрактограмме мономинеральной фракции ильменита присутствуют значительно уширенные рефлексы ильменита, кварца и рутила. Такое уширение ха-

рактерно и для ильменита из других россыпей и связывается с наличием псевдорутила [4, 9] или протонированного ильменита (H^+ -ильменита) — переходного состояния от ильменита к псевдорутилу [3]. По нашему мнению, уширение пиков ильменита также объясняется фазовым переходом ильменит $\rightarrow$ псевдорутил, что подтверждается представленными ниже данными.

Лейкоксен в основном представляет собой смесь двух фаз: рутила и кварца. Пики четкие, что свидетельствует о высокой степени совершенства рутила. Присутствуют слабые рефлексы ильменита и анатаза.

Данные полуквантитативного рентгенофазового анализа тяжелой фракции приведены в табл. 1 (класс крупности $-0.25+0.1$ мм); преобладающей минеральной фазой является псевдорутил (45 мас. %). Рентгеноаморфная фаза, отмечаемая также и на дифрактограмме мономинеральной фракции ильменита в виде подъема уровня шума, предположительно представлена продуктами изменения ильменита, не имеющими четкой кристаллической структуры.

Микрорентгеноспектральный анализ позволил выявить особенности морфологии зерен ильменита и лейкоксена, установить минеральные фазы на их поверхности и в объеме, а также определить морфоструктурные

Таблица 1. Минеральный состав тяжелой фракции (по данным рентгенографического анализа)
Table 1. Mineral composition of heavy fraction (according to X-ray analysis)

№	Минерал Mineral	Содержание, мас. %, % Content, wt %
1	Ильменит Ilmenite	7.5
2	Анализ Anatase	1
3	Рутил Rutile	18
4	Псевдорутил Pseudorutile	45
5	Гематит Hematite	1.5
6	Кварц Quartz	10
7	Пирит Pyrite	1
8	Слюда Mica	4
	Сумма кристаллических фаз Total crystalline phases	88

характеристики микроразмерных зерен кварца и алюмосиликатных фаз в лейкоксене и ильмените. Ильменит представлен изометричными угловатыми, удлиненными окатанными, реже изометричными окатанными зернами (рис. 2).

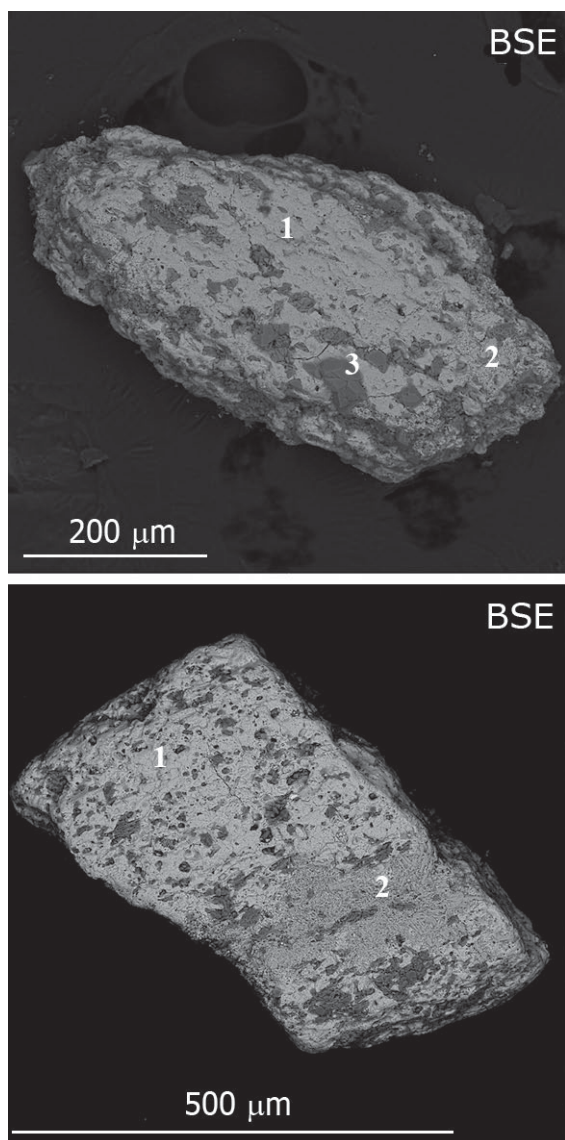


Рис. 2. Измененный ильменит (1 — псевдорутил, 2 — рутил, 3 — кварц)

Fig. 2. Altered ilmenite (1 — pseudorutile, 2 — rutile, 3 — quartz)

Для отнесения продуктов изменения ильменита к той или иной фазе использовалось отношение $Ti/(Ti + Fe)$: < 0.5 — неизмененный ильменит; $0.5-0.6$ — гидратированный (измененный) ильменит; $0.6-0.7$ — псевдорутил; $0.7-1.0$ — лейкоксен [6].

Зерна ильменита имеют зональное строение. Вариации значений отношения $Ti/(Ti + Fe)$ находятся в интервале от 0.58 (измененный ильменит) до 0.69 (псевдорутил) (табл. 2). Меньшие значения имеют центральные части зерен, большие — периферийные. Возрастание этих значений свидетельствует о большей степени выноса железа и измененности ильменита. В трещинах значения отношения $Ti/(Ti + Fe)$ составляют 0.99, что соответствует рутилу, образовавшемуся, по нашему мнению, по первичному ильмениту. Он представлен иглообразными микрокристаллами, которые образуют сагенитовую решетку из двойников рутила, сросшихся под углом 60° .

Таблица 2. Содержание главных элементов в зернах измененного ильменита (по данным микрорентгеноспектрального анализа)
Table 2. Content of main elements in ilmenite grains (according to X-ray microanalysis)

образца sample	Номер Number точки point	Компонент (ат. %) Component at %			Ti/ (Ti + Fe)
		Ti	Fe	Mn	
1	1 (центр) \ center	17.31	10.96	0.42	0.61
	2 (кайма) \ rim	27.25	14.51	1.2	0.65
2	1 (центр) \ center	21.82	12.65	0.77	0.63
	2 (кайма) \ rim	10.07	5.26	0.58	0.66
3	1 (центр) \ center	17.65	10.83	1.76	0.62
	2 (кайма) \ rim	25.17	11.27	0.82	0.69
4	1 (центр) \ center	23.0	16.35	1.11	0.58
	2 (кайма) \ rim	22.48	12.83	2.07	0.63
5	1 (центр) \ center	22.87	13.15	2.82	0.63
	2 (трещина) fracture	34.22	0.24	—	0.99
6	1 (центр) \ center	23.24	11.92	1.13	0.66
	2 (трещина) fracture	36.11	0.17	—	0.99

При этом рутил располагается как по трещинам с четкими границами, так и непосредственно на поверхности ильменита.

Каверны в зернах ильменита выполнены кварцем. Кварц представлен агрегатами нескольких зерен относительно малых размеров (до десятка микрометров) с четкими кристаллографическими формами. Зерна трещиноватые.

Из данных микрорентгеноспектрального анализа (рис. 3) следует, что:

1) распределение титана и железа в ильмените равномерное за исключением участков, где ильменит полностью замещен рутилом;

2) замещение ильменита рутилом носит локальный характер, рутил развивается по трещинам по направлению к центру зерен;

3) в ильмените присутствуют механические включения кварца (яркие участки) и алюмосиликатной фазы (тусклые участки), распределенные по всему объему зерен.

Морфоструктурные характеристики (массовый размер зерен, округлость, удлинение) кварца и алюмосиликатных фаз схожи для обеих фракций ($-0.5+0.25$ и $-0.25+0.1$ мм). Доля кварца и алюмосиликатных фаз в ильмените составляет от 15 до 37 %; среднее содержание 23 %.

Рассчитано количественное распределение зерен кварца и алюмосиликатных фаз по размерам: 80 % общего числа зерен имеет длину менее 10 мкм. На это количество приходится около 35 % их объема. Удлинение равно 1.00–5.08, среднее значение — 1.44. Таким образом, в среднем зерна изометричны, причем величину удлинения менее 1.6 имеют около 75 % включений. Округлость зерен кварца и алюмосиликатных фаз находится в диапазоне значений 0.05–0.97. Как правило, значения округлости зерен минералов возрастают с уменьшением их размеров и приближаются к 1. Учитывая это, можно ожидать, что большая часть зерен будет иметь округлость более 0.6. Распределение зерен кварца и алюмосиликатных фаз по интервалам округлости практически равномерное; при этом большинство — более 70 % — имеют извилистые границы.

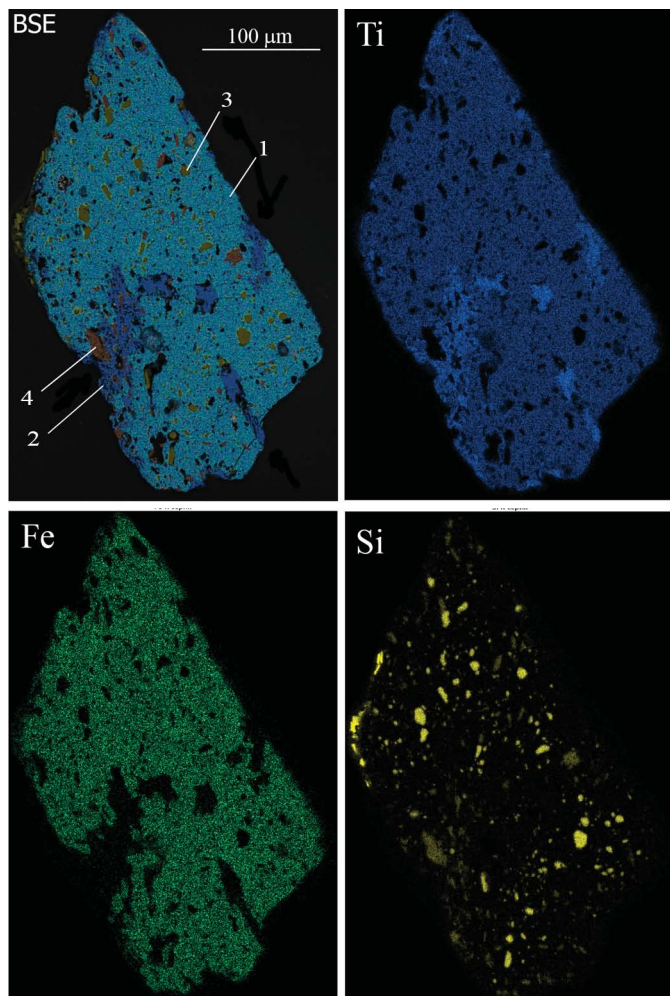


Рис. 3. Распределение концентраций элементов в ильмените в режиме характеристического рентгеновского излучения (1 — ильменит, 2 — рутил, 3 — кварц, 4 — алюмосиликатная фаза)

Fig. 3. Distribution of concentrations of elements in the ilmenite in the characteristic X-ray mode (1 — ilmenite, 2 — rutile, 3 — quartz, 4 — aluminosilicate)

Лейкоксен, составляющий основную часть тяжелой фракции, представлен окатанными изометричными и овальными уплощенными агрегатами игольчатых микрорезинов рутила и кварца с реликтами псевдорутита (рис. 4). Кристаллы рутила образуют сагенитовую решетку из двойников рутила, как и в ильмените, а также встречаются участки развития кристаллитов рутила, представляющих собой однородную массу. Зерна кварца имеют четкие кристаллографические формы, поверхность пористая.

Железо в лейкоксене (рис. 5) сконцентрировано внутри агрегатов и, вероятно, связано с реликтами псевдорутита $Ti/(Ti + Fe) = 0.63$ (табл. 3). По периметру реликтов наблюдаются более мелкие участки псевдорутита — остатки первичного минерала. В абсолютном большинстве исследованных агрегатов вариации содержания железа в рутиловой решетке на кайме зерен и в центре незначительны: отношение $Ti/(Ti + Fe)$ составляет $0.97-1.00$. В нескольких точках значение отношения $Ti/(Ti + Fe)$ соответствует лейкоксену (0.75×0.87).

Объемная доля кварца и алюмосиликатных фаз в лейкоксене составляет от 18 до 38 %; среднее значение 28 %. Эти данные согласуются с приведенными выше значениями для ильменита. 87 % общего количества зе-

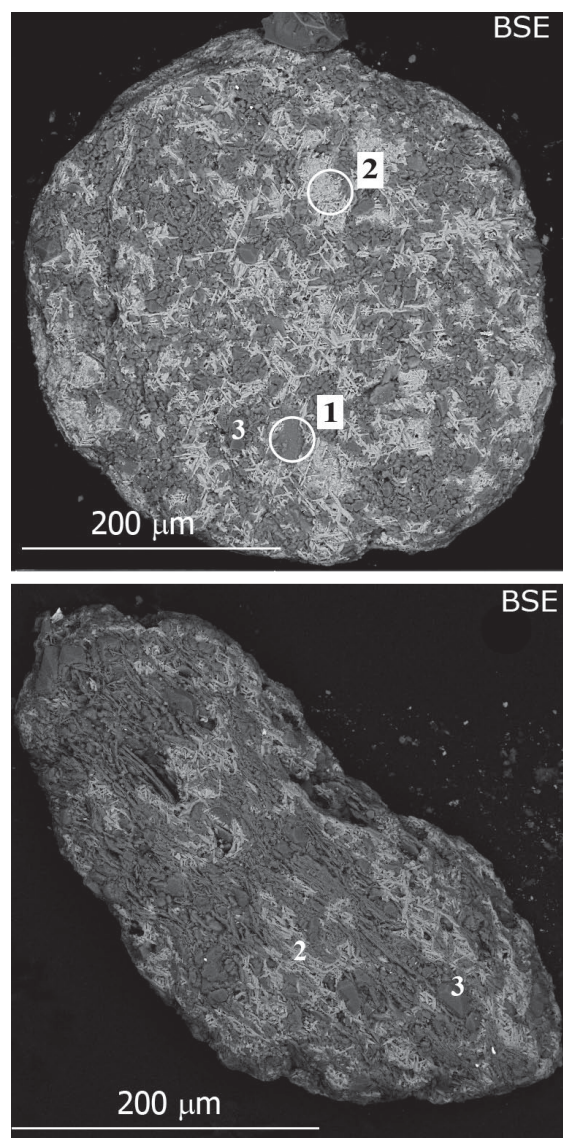


Рис. 4. Полимнеральный агрегат лейкоксена (1 — псевдорутит, 2 — рутил, 3 — кварц)

Fig. 4. Polyminerall aggregate of leucoxene (1 — pseudorutile, 2 — rutile, 3 — quartz)

Таблица 3. Содержание главных компонентов в зернах лейкоксена (по данным микрорентгеноспектрального анализа)
Table 3. Content of main components of leucoxene (according to X-ray microanalysis)

образца sample	Номер Number точки point	Компонент (ат. %) Component at %			Ti/ (Ti + Fe)
		Ti	Fe	Mn	
1	1 (центр) center	32.12	0.76	—	0.97
	2 (кайма) rim	33.33	—	—	1.00
2	1 (центр) center	20.25	6.72	—	0.75
	2 (кайма) rim	25.51	3.88	0.32	0.87
3	1 (центр) center	23.32	14.28	—	0.62
	2 (кайма) rim	31.16	—	—	1.00
4	1 (центр) center	22.53	13.00	1.53	0.63
	2 (кайма) rim	31.88	—	—	1.00
5	1 (центр) center	22.30	13.18	0.93	0.63
	2 (кайма) rim	34.65	0.26	—	0.99
6	1 (центр) center	23.87	13.73	0.72	0.64
	2 (кайма) rim	33.00	0.14	—	0.99

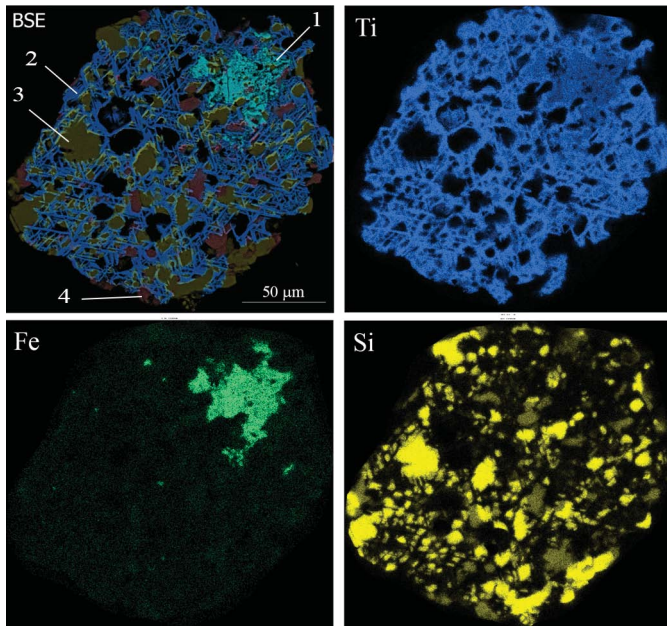


Рис. 5. Распределение концентраций элементов в лейкоксене в режиме характеристического рентгеновского излучения (1 — ильменит, 2 — рутил, 3 — кварц, 4 — алюмосиликатная фаза)

Fig. 5. Distribution of concentrations of elements in the leucoxene in the characteristic X-ray mode (1 — ilmenite, 2 — rutile, 3 — quartz, 4 — aluminosilicate)

рен кварца имеет длину менее 10 мкм. На это количество приходится около 35 % их объема. Удлинение зерен составляет 1.00–5.11, среднее значение — 1.46. Таким образом, в среднем зерна кварца изометричны, причем величину удлинения менее 1.6 имеют около 65 % зерен. Округлость зерен кварца и алюмосиликатных фаз находится в диапазоне значений 0.02–1.00. Значения их длины, объемной доли и удлинения, а также характер их распределения почти полностью идентичны таковым для ильменита. Иной характер носит распределение зерен кварца и алюмосиликатных фаз по интервалам округлости; большинство зерен (более 60 %) имеют изрезанные границы, их округлость равна 0.17–0.40.

На поверхности и в объеме ильменита и лейкоксена присутствуют различные механические включения, которые необходимо учитывать при переработке ильменит-лейкоксовых руд. Например, **циркон** представлен

зернами размером несколько микрометров неправильной угловатой формы (рис. 6), которые, как и зерна кварца, выполняют пустоты в матрице псевдорутила и рутила. Циркон содержит примеси гафния (до 1.86 мас. %) и скандия (до 1.78 мас. %). Более темным участкам внутри включения соответствуют более высокие содержания скандия и низкие содержания гафния (мас. %): центральная часть включения, темный участок — Sc (1.78), Hf (0.69); кайма, светлый участок — Sc (0.23), Hf (1.62).

Ксенотим представлен зернами изометричной и неправильной угловатой формы размером до 5 мкм (рис. 7); встречается, как правило, на поверхности ильменита между зернами рутила и псевдорутила. Характеризуется повышенными содержаниями редкоземельных элементов (Gd, Dy, Er, Yb).

Самородное золото отмечается на поверхности псевдорутила и алюмосиликатных фаз в виде единичных зерен размером менее микрометра (рис. 8).

Самородная медь размером до 12 мкм (рис. 9) встречается как на поверхности кварца, покрытого гидроксидами железа, так и на лейкоксене. Были выявлены две формы выделения меди:

- 1) монокристаллы изометричной (рис. 9, А) или угловатой неправильной формы (рис. 9, Б);
- 2) сростки поликристаллов пластинчатой (рис. 9, В) или дендритоподобной формы (рис. 9, Г).

Кроме самородной меди присутствует куприт.

Таким образом, диагностированные в ильменит-лейкоксовой руде ильменит и лейкоксен представлены полиминеральными агрегатами псевдорутила, рутила, кварца и алюмосиликатов. Распределение титана и железа в ильмените равномерное за исключением участков локального замещения ильменита рутилом. В лейкоксене железо сконцентрировано внутри агрегатов и, вероятно, связано с реликтами псевдорутила. На поверхности и в объеме агрегатов установлены зерна циркона, ксенотима, самородного золота, меди размером до 15 мкм. Кварц и алюмосиликаты представлены механическими включениями размером менее 10 мкм и составляют около 35 % объема агрегатов.

Установленные морфоструктурные особенности необходимо учитывать при выборе методов переработки и разделения минералов. Физические параметры составляющих минералов ильменит-лейкоксовой руды (плотность, магнитная восприимчивость и др.) указыва-

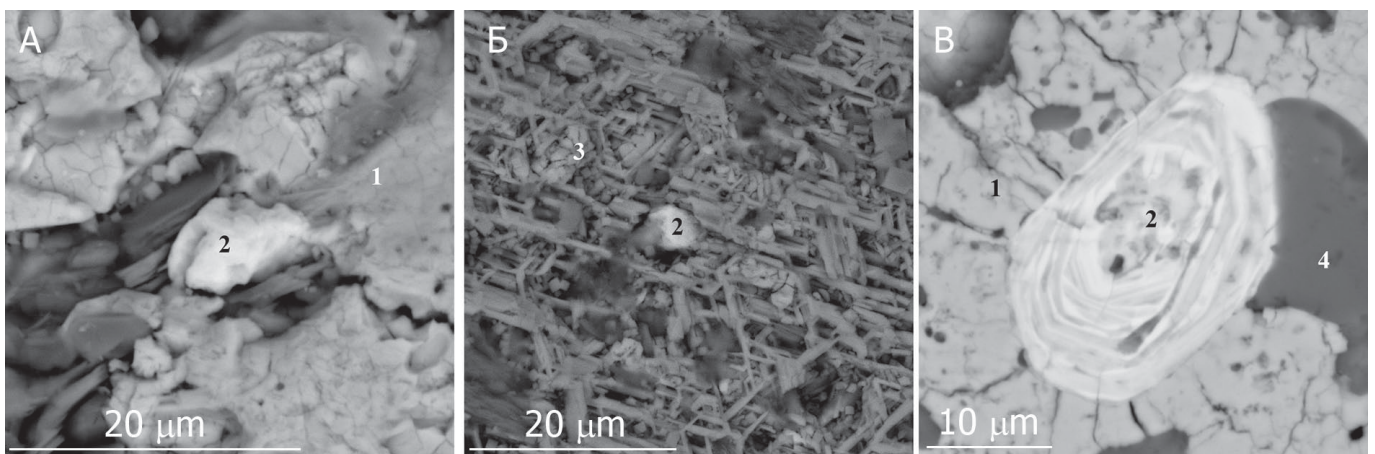


Рис. 6. Включения циркона: А — в псевдорутиле, Б — в сагеновской решетке рутила и В — зональное включение в псевдорутиле (1 — псевдорутил, 2 — циркон, 3 — рутил, 4 — кварц)

Fig. 6. Zircon inclusions: А — in pseudorutile, Б — in rutile lattice, В — zonal inclusion in pseudorutile (1 — pseudorutile, 2 — zircon, 3 — rutile, 4 — quartz)

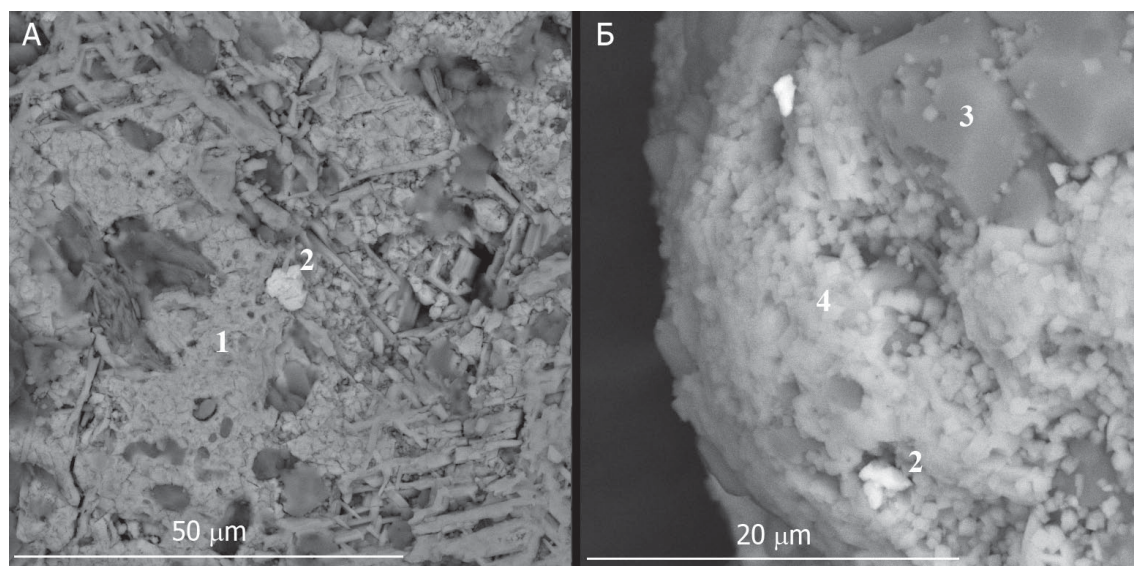


Рис. 7. Включения ксенотима: А — на границе псевдорутила и рутила, Б — в лейкоксене (1 — псевдорутит, 2 — ксенотим, 3 — кварц, 4 — алюмосиликатная фаза)

Fig. 7. Xenotime inclusions: А — at contact between pseudorutile and rutile, Б — in leucoxene (1 — pseudorutile, 2 — xenotime, 3 — quartz, 4 — aluminosilicate)

ют на перспективность физических методов обогащения. Рудные компоненты минеральных песков имеют высокую плотность (больше 2.85 г/см^3) и могут быть достаточно легко отделены от более легких компонентов, таких как кварц и алюмосиликаты, при условии удовлетворительного раскрытия сростков. Однако установленная выше граничная крупность измельчения (10 мкм) требует, во-первых, значительных энергозатрат, во-вторых, возрастают силы адгезии, затрудняющие разделение частиц. Потери диоксида титана, связанного с ильменитом и лейкоксеном, оцениваются на уровне 20 % от исходного содержания, содержание диоксида титана в коллективном концентрате не превышает 62 %, в то время как для дальнейшей переработки необходимы концентраты с более высоким содержанием TiO_2 . Так, для хлоридной технологии используются концентраты от 85 % диоксида титана [8]. Поэтому все чаще предлагается применение комбинированных методов обогащения [2, 5].

Более высокая степень обескремнивания достигается применением химических методов (автоклавного выщелачивания и фторирования). Основной титансодержа-

щей фазой является рутил, который, по всей видимости, не участвует в реакциях, сохраняя свою кристаллическую форму. Установлено, что степень обескремнивания при фторировании оказывается выше (90 %), продукты фторирования тяжелой фракции титаносодержащих песчанников отличаются более высокой кристаллическостью [7].

Используемые технологии не удовлетворяют современные обогатительные производства, дают дорогие конечные продукты. Ведутся работы по изменению свойств минералов и (или) методов их утилизации [1, 10]. В ряд полезных продуктов кроме ильменита, лейкоксена, других полиморфов TiO_2 , циркона входят кварц и другие (<http://region.smikomi.ru/news/53>). Активно ведутся работы по получению высокотехнологичных материалов на основе недорогого сырья (лейкоксена), включая нанотрубки диоксида титана [11].

Выводы

Ильменит-лейкоксеновые руды Пижемского месторождения имеют сложный полиминеральный состав, наряду с главными рудными компонентами присутству-

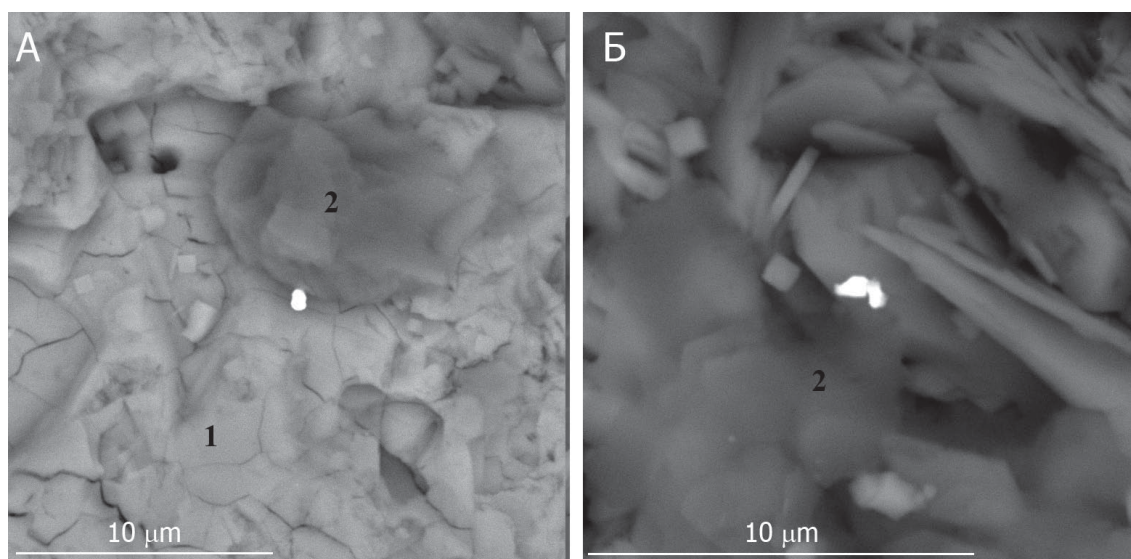


Рис. 8. Золото на поверхности лейкоксена (1 — псевдорутит, 2 — алюмосиликатная фаза)

Fig. 8. Native gold on leucoxene surface (1 — pseudorutile, 2 — aluminosilicate)

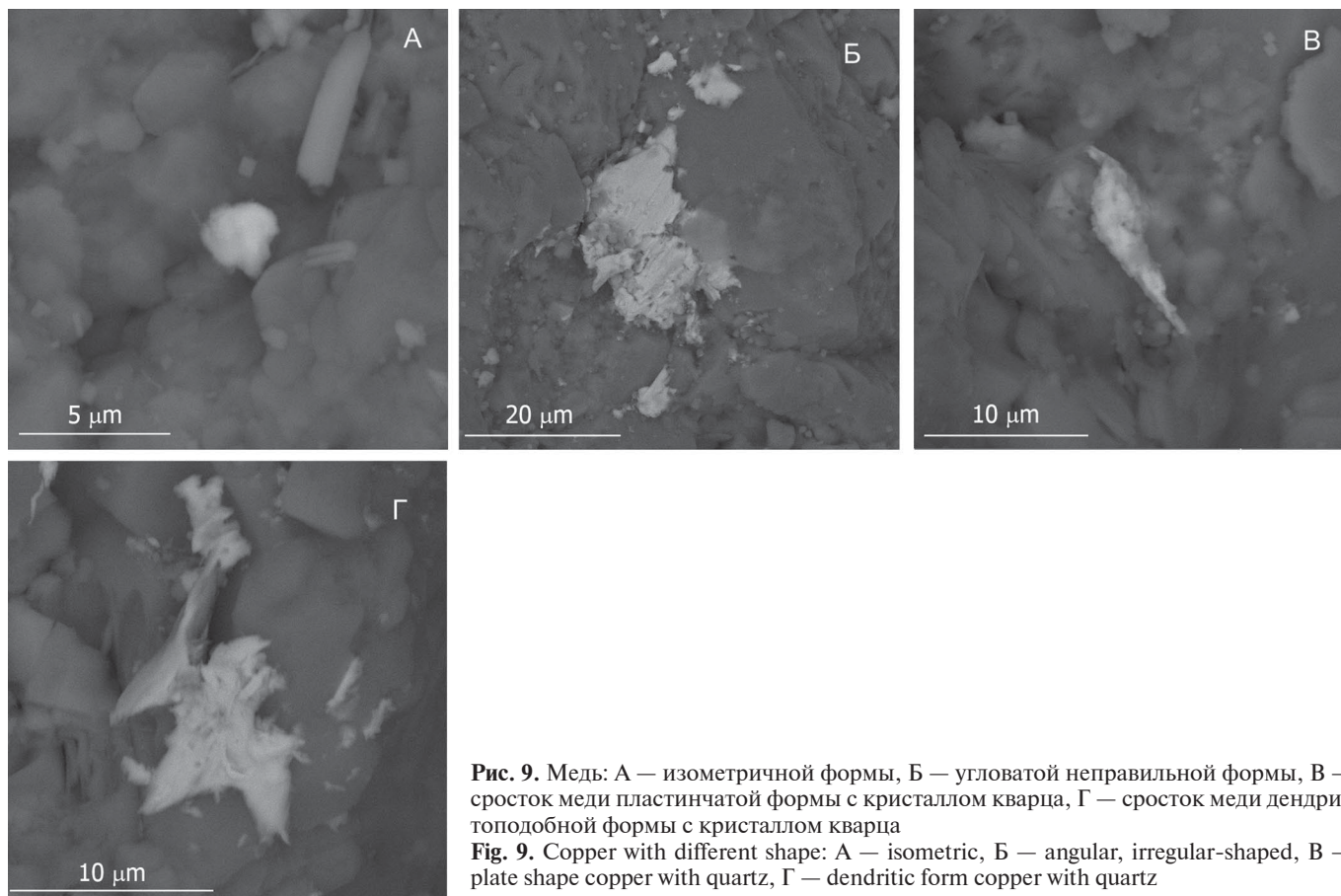


Рис. 9. Медь: А — изометричной формы, Б — угловатой неправильной формы, В — сросток меди пластинчатой формы с кристаллом кварца, Г — сросток меди дендритоподобной формы с кристаллом кварца

Fig. 9. Copper with different shape: А — isometric, Б — angular, irregular-shaped, В — plate shape copper with quartz, Г — dendritic form copper with quartz

ют другие металлы, форма нахождения которых различная (изоморфная примесь, самостоятельные минеральные фазы). Морфометрические характеристики зерен ильменит-лейкоксовой руды указывают на необходимость применения комбинированных методов обогащения. Поскольку применяемые технологии не удовлетворяют современной индустрии, актуальны разработки эффективных схем обогащения и создание функциональных материалов.

Работа проведена при финансовой поддержке проекта УрО РАН №15-11-5-33.

Литература

1. Блехман И. И., Вайсберг Л. А. Вибрационные технологии в процессах обогащения: новые результаты и перспективы промышленного применения // Ресурсосбережение и охрана окружающей среды при обогащении и переработке минерального сырья (Плаксинские чтения—2016): Материалы международной конференции. М.: Руда и металлы, 2016. С. 21–22.
2. Голубева И. И., Котова О. Б., Рубцова С. А. Титановые минералы прибрежно-морской россыпи о. Страдбрук (Вост. Австралия) и Пижемской палеороссыпи Среднего Тимана (Россия) // Вестник Института геологии Коми НУ УрО РАН. 2013. № 9. С. 24–28.
3. Игнатъев В. Д., Бурцев И. Н. Лейкоксен Тимана: минералогия и проблемы технологии. СПб.: Наука, 1997. 215 с.
4. Иоспа А. В. Лейкоксенизированный ильменит — его диагностика и влияние на качество титан-циркониевых руд // Минералогия во всем пространстве сего слова: проблемы укрепления минерально-сырьевой базы и рационального использования минерального сырья:

Материалы Годичного собрания Российского минералогического общества и Федоровской сессии—2012. СПб.: Лема, 2012а. С. 354–356.

5. Макеев А. Б., Лютоев В. П. Спектроскопия в технологической минералогии: Минеральный состав концентратов титановых руд Пижемского месторождения // Обогащение руд. 2015. № 5. С. 33–41.

6. Осовецкий Б. М. Типохимизм шлиховых минералов. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2001. 244 с.

7. Перовский И. А., Бурцев И. Н. Гидротермальный синтез ситинакита на основе лейкоксена Ярегского месторождения // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2013. № 3 (219). С. 16–19.

8. Ремизова Л. И. Титан // Минеральное сырье: от недр до рынка: В 3 т. М.: Научный мир, 2011. Т. 3. 624 с.

9. Frost M. T., Grey I. E., Harrowfield I. R., Li C. Alteration profiles and impurity element distributions in magnetic fractions of weathered ilmenite // American Mineralogist, Vol. 71, 1986. P. 167–175.

10. Kotova O., Leonenko N. Physics and chemistry of minerals under laser processing // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 123 (2016) 012016 (doi:10.1088/1757-899X/123/1/012016)

11. Kotova O. B., Ponaryadov A. V., Gomze L. A. Hydrothermal synthesis of TiO₂ nanotubes from concentrate of titanium ore of Pizhenskoe deposit (Russia) // Vestnik of Institute of Geology, 2016, № 1. P. 36–38.

References

1. Blehman I. I., Vaisberg L. A. *Vibratsionnye tehnologii v protsessah obogascheniya: novye rezultaty i perspektivy promyshlennogo primeneniya* (Vibration technologies in enrichment: new results and prospects of industrial use). *Resursosberezhenie*

i ohrana okruzhayuschei sr edy pri obogaschenii i per erabotke mineralnogo syrya (Resource saving and environmental protection during enrichment and processing of mineral raw). (Plaksin Readings–2016). Proceedings of conference. Moscow, Ruda i metally, 2016, pp. 21–22.

2. Golubeva I. I., Kotova O. B., Rubtsova S. A. *Titanovye mineraly pribrezhno-morskoi rossypi o. Stradbrouk (Vost. Avstraliya) i Pizhemskei paleorossypi Srednego Timana (Rossiya)* (Titanium minerals of coastal-marine placer of Stradbrouk Island (Eastern Australia) and Pizhemskaia paleoplacer of Middle Timan (Russia). Vestnik of Institute of geology, 2013, No. 9, pp. 24–28.

3. Ignatyev V. D., Burtsev I. N. *Leikoksen Timana. Mineralogiya i problemy tehnologii.* (Leucogene of Timan. Mineralogy and problems of technology). St. Petersburg, Nauka, 1997, 215 pp.

4. Iospa A. V. *Leikoksenizirovannyi ilmenit - ego diagnostika i vliyanie na kachestvo titan-tirkonievyyh rud* (Leucogenized ilmenite – diagnostics and influence on quality of titanium-zircon ores). *Mineralogiya vo vsem prostranstve sogo slova: problemy ukrepleniya mineralno-syrevoi bazy i ratsionalnogo ispolzovaniya mineralnogo syrya* (Mineralogy in all senses: problems of developing of mineral-raw base and rational use of mineral raw). Proceedings. St. Petersburg, Lema, 2012, pp. 354–356.

5. Makeev A. B., Lyutov V. P. *Spektroskopiya v tehnologicheskoi mineralogii. Mineralnyi sostav kontsentratsiy titanovykh rud Pizhemskego mestorozhdeniya* (Spectroscopy in

technological mineralogy. Mineral composition of concentrates of Titanium ores of Pizhemske deposit). *Obogaschenie rud*, No. 5, 2015, pp. 33–41.

6. Osovetskii B. M. *Tipohimizm shlikhovykh mineralov* (Typochemism of concentrate minerals). Izdatelstvo Permskogo universiteta, 2001, 244 pp.

7. Perovskii I. A., Burtsev I. N. *Gidrotermalniy sintez sitinakita na osnove leikoksena Y aregskogo mestorozhdeniya* (Hydrothermal synthesis of citinikite on basis of leucogene from Yarega deposit). Vestnik of Institute of geology Komi SC UB RAS, 2013, No. 3 (219), pp. 16–19.

8. Remizova L. I. *Titan. Mineralnoe syre: ot nedr do rynka* (Titanium. Mineral raw: from underground to market). V. 3, Moscow, Nauchnyi mir, 2011, 624 pp.

9. Frost M. T., Grey I. E., Harrowfield I. R., Li C. Alteration profiles and impurity element distributions in magnetic fractions of weathered ilmenite. *American Mineralogist*, Vol. 71, 1986, pp. 167–175.

10. Kotova O., Leonenko N. Physics and chemistry of minerals under laser processing. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 123 (2016) 012016 (doi:10.1088/1757-899X/123/1/012016)

11. Kotova O. B., Ponaryadov A. V., Gomze L. A. Hydrothermal synthesis of TiO₂ nanotubes from concentrate of titanium ore of Pizhemske deposit (Russia). *Vestnik of Institute of Geology*, 2016, No. 1, pp. 36–38.



СЫКТЫВКАРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОГО МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА: МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СЕМИНАР – 2016

SYKTYVKAR BRANCH OF THE RUSSIAN MINERALOGICAL SOCIETY: MINERALOGICAL SEMINAR – 2016

This year a wide range of researches in the field of mineralogy, petrology, mineral resources and adjacent sciences was carried out. One of the main activities of the society is realization of large events. In 2016 the society conducted Chernov Readings and mineralogical seminar with international participation «Modern problems of theoretical, experimental and applied mineralogy (Yushkin Readings-2016)» (Vestnik of IG, No. 5, 2016, pp. 7–8).

The Syktyvkar branch of RMS holds weekly mineralogical seminar chaired at present by Academician A. M. Askhabov, secretary — G. V. Ignatyev.

В 2016 году состоялось 26 заседания, на которых было представлено 27 докладов, из них 21 научный. В рамках минералогического семинара также были освещены рабочие поездки на российские и международные совещания, по их итогам сделано 4 доклада о наиболее важных достижениях. Стоит отметить, что все доклады были очень хорошо представлены и вызвали дискуссию у слушателей. Среди выступлений наибольший интерес вызвали: доклад Г. Н. Каблиса об индексах цитируемости РИНЦ, Scopus и Web of Sciences, доклад Р. И. Шайбекова, А. В. Журавлева, О. П. Тельновой и Т. Г. Шумиловой об использовании метода рентгеновской томографии, а также доклад В. И. Ракина о новой связи алмаза с цирконом.



На минералогическом семинаре: В. П. Лютов, Т. П. Майорова, Ю. В. Глухов

At the mineralogical seminar: V. P. Lutov, T. P. Mayorova, Yu. V. Glukhov



М. Ю. Сокерин задает вопрос
M. Yu. Sokerin is asking a question

На трех заседаниях были освещены рабочие поездки на российские и международные (Италия, Венгрия) совещания и конференции. Также был заслушан традиционный доклад О. Б. Котовой об итогах деятельности Сыктывкарского отделения РМО за 2015 г. На одном из заседаний докторскую диссертацию представил гость семинара М. П. Тентюков на тему «Экогеохимия районов промышленного освоения Большеземельской тундры Ямала». Научно-познавательные доклады подготовлены П. П. Юхановым о минералог Иване Александровиче Преображенском и гостем семинара В. И. Силиным об истории географических исследований в Республике Коми. На трех заседаниях о проделанной работе доложили бакалавры и магистранты СГУ им. Питирима Сорокина.

Д. г.-м. н. О. Котова, Г. Игнатьев

Предложения Института геологии Коми НЦ УрО РАН о проведении мероприятий, организуемых при участии РМО в 2017 г.

Suggestions from the Institute of geology of Komi SC UB RAS about RMS events in 2017

Наименование конференции, съезда, семинара Conference, congress, seminar	Место и время проведения Place and time
Российская конференция с международным участием «Геодинамика, вещество, рудогенез Восточно-Европейской платформы и ее складчатого обрамления» Russian conference with international participation «Geodynamics, substance, ore genesis of East European platform and its folded margins»	Сыктывкар, сентябрь Syktyvkar, September
XXXI Черновские чтения The 31 st Chernov Readings	Сыктывкар, ноябрь Syktyvkar, November
XXVI научная конференция «Структура, вещество, история литосферы Тимано-Северо-уральского сегмента» The 26 th science conference «Structure, substance, history of lithosphere of Timan-Northern Ural segment»	Сыктывкар, декабрь Syktyvkar, December



ЕСТЬ ТАКАЯ ПРОФЕССИЯ — ДИССЕРТАЦИЮ ЗАЩИЩАТЬ DEFENDING DISSERTATION IS OUR MISSION

Dissertation Council D004.008.02 and Dissertation Council D004.008.01 worked at the Institute of Geology from the 23rd to the 26th of January. Six and two successful PhD (geology and mineralogy) defenses were held respectively. The geography of applicants (St. Petersburg, Kazan, Ukhta, Syktyvkar) was greatly expanded by the opponents, leading organizations and reviews of the abstracts from known Russian and foreign researchers from Moscow, St. Petersburg, Novosibirsk, Voronezh, Ekaterinburg, Orenburg, Perm, Kazan, Petrozavodsk, Saratov, Syktyvkar, Tyumen, Tallinn (Estonia), Ufa, Ukhta, Ulan-Ude, who highly estimated the results of young scientists' researches. Theses, extended abstracts of the applicants and also the results of defenses and audio and video reports are presented on the website of the Institute of Geology of Komi Science Centre UB RAS (<http://geo.komisc.ru/>).

В Институте геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН с 23 по 25 января в **Диссовете Д004.008. 02.** состоялись успешные защиты шести диссертаций на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

В диссертации Ю. В. Михайленко «Особенности строения и состав каруярвинской свиты кильдинской серии рифеид полуострова Средний (северное обрамление Кольского полуострова)» (специальность 25.00.11 — геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения) приведены результаты исследования литологических и литохимических особенностей каруярвинской свиты. В составе свиты впервые были обнаружены пластовые строматолиты, изучены их микроструктурные особенности. Проведено U-Pb-датирование детритовых цирконов из верхнедокембрийских терригенных отложений п-ов Средний и Рыбачий. Полученные результаты сопоставлены с верхнедокембрийскими литокомплексами Тимана и п-ова Варангер. Научный руководитель — д. г.-м. н. О. С. Кочетков. Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет», **Ухта**. Оппоненты: д. г.-м. н. А. С. Балуев, (Геологический институт Российской академии наук, Москва); д. г.-м. н. Л. В. Леонова (Институт геологии и геохимии им. акад. А. Н. Заварицкого, Екатеринбург). Ведущая организация: Геологический институт Кольского научного центра Российской академии наук, Апатиты.

В диссертации А. З. Ахметшина «Геологические основы освоения сверхвязкой нефти в нижнепермских и уфимских отложениях центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции» (специальность 25.00.12 — геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений) рассмотрены особенности геологического строения нижнепермских и уфимских природных резервуаров в центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. Обосновано, что формирование нижнепермских и уфимских нефтескоплений происходило в зоне гипергенеза нефти, поступавшей из нижележащих каменноугольных и девонских отложений по зонам трещиноватости, соответствующим глубинным разломам. Определены три направления наращивания ресурсной базы сверхвязкой нефти в районе исследований и проведены работы по оптимизации методики геолого-разведочных работ с целью вовлечения залежей сверхвязкой нефти в промышленное освоение. Научный руководитель — д. г.-м. н. Р. Х. Муслимов. Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», **Казань**. Оппоненты: д. г.-м. н., профессор Е. Б. Грунис (ОАО «ИГиРГИ»), руководитель дирекции по науке; д. г.-м. н. Г. А. Григорьев, зав. лабораторией АО «ВНИГРИ». Ведущая организация: АО «Нижевожский научно-исследовательский институт геологии и геофизики», Саратов.

Диссертация В. А. Матвеева «Силурийские строматолиты поднятия Чернова и западного склона Приполярного Урала» (специальность 25.00.02 — палеонтология и стратиграфия) посвящена исследованиям особенностей развития строматолитовых построек в силуре на основе изучения их морфоструктурного разнообразия и стратиграфической приуроченности. Соискателем впервые обнаружены остатки строматолитообразующей биоты в силурийских отложениях поднятия Чернова, установлена этапность строматолитообразования в силуре, а также маркирующее значение строматолитов при стратиграфическом расчленении разрезов. Сделан вывод о том, что морфоструктурные особенности изученных строматолитов определяются не составом образующих их микробных сообществ, а условиями осадконакопления, что может быть использовано для эколого-фациальных реконструкций. Научный руководитель — д. г.-м. н. Т. М. Безносова. Работа выполнена в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН, **Сыктывкар**. Оппоненты: д. г.-м. н. В. Н. Сергеев, гл. н. с. лаборатории стратиграфии верхнего докембрия (Геологический институт РАН, Москва); к. г.-м. н. Л. В. Леонова, с. н. с. лаборатории региональной геологии и геотектоники (Институт геологии и геохимии им. акад. А. Н. Заварицкого УрО РАН, Екатеринбург). Ведущая организация: МГУ им. М. В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра палеонтологии, Москва.

В диссертации Н. А. Матвеевой «Строение и условия образования фаменских карбонатных отложений Центрально-Хорейверской рифогенной зоны» (специальность 25.00.01 — общая и региональная геология) приведены результаты комплексного изучения рифогенных карбонатных фаменских толщ Центрально-Хорейверского вала Хорейверской впадины. Установлено, что выделенные литотипы объединяются в пять парагенетических ассоциаций, соответствующих пяти фациальным зонам. Полученные данные позволили детализировать палеогеографическую ситуацию в фаменском веке на изученной территории, отражающую сложный состав и строение рифогенных комплексов, что необходимо учитывать при поисках перспективных коллекторов в аналогичных комплексах Тимано-Печорской провинции. Научный руководитель — д. г.-м. н. А. И. Антошкина. Работа выполнена в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН, **Сыктывкар**. Оппоненты: д. г.-м. н. В. Г. Кузнецов, (РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, Москва); к. г.-м. н. Б. П. Богданов, руководитель представительства АО «ВНИГРИ», Ухта. Ведущая организация: ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень.

В диссертации А. Н. Плотицына «Конодонты и стратиграфия верхнефаменско-турнейских отложений севера Урала и гряды Чернышева» (специальность 25.00.02 — палеонтология и стратиграфия) на основе изучения конодентов из верхнефаменско-турнейских отложений



севера Урала и гряды Чернышева выявлены биостратиграфические и событийно-стратиграфические корреляционные уровни и дополнительные критерии определения положения границы между девонской и каменноугольной системами. Проведенные детальные исследования морфологических преобразований развитых представителей рода *Siphonodella* (Branson et Mehl) существенно расширяют возможности их видовой диагностики на ранних возрастных стадиях. Предложен новый вариант схемы филогении этого рода. Научный руководитель — д. г.-м. н. Т. М. Безносова. Работа выполнена в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН, **Сыктывкар**. Оппоненты: д. г.-м. н. В. В. Черных, зав. лабораторией стратиграфии и палеонтологии (Институт геологии и геохимии им. акад. А. Н. Заварицкого УрО РАН, Екатеринбург); к. г.-м. н. Г. М. Сунгатуллина, доцент кафедры палеонтологии и стратиграфии ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Казань. Ведущая организация: Институт геологии Уфимского НЦ РАН, Уфа.

Диссертация М. А. Соболевой «Конодонты и биостратиграфия франского яруса Приполярного и Полярного Урала» (специальность 25.00.02 — палеонтология и стратиграфия) посвящена изучению конодонтов. В результате обоснованы разноранговые биостратиграфические подразделения франского яруса западного склона Приполярного и Полярного Урала. Проведена корреляция с зональными подразделениями Южного Тимана и Волго-Уральской области. Рассмотрена стратиграфическая приуроченность патологических форм конодонтов. Установлено распределение конодонтовых биофаций в разрезах франа и нижнего фамена, выявлены глобальные событийные уровни франского века (Punctata, Semichatovae, Lower Kellwasser, Upper Kellwasser). Комплексные исследования позволили обосновать биостратиграфическое расчленение изученных отложений и дополнили представления о геологическом строении района исследований и истории развития фауны конодонтов. Научный руководитель — д. г.-м. н. В. С. Цыганко. Работа выполнена в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН, **Сыктывкар**. Оппоненты: д. г.-м. н. О. В. Артющкова, зав. лабораторией стратиграфии палеозоя (Институт геологии Уфимского научного центра РАН, Уфа); к. г.-м. н. Г. М. Сунгатуллина, доцент кафедры палеонтологии и стратиграфии МГУ им. М. В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра палеонтологии, Москва.

На все диссертационные работы получены положительные отзывы от ведущих организаций и оппонентов. В многочисленных исключительно положительных отзывах на авторефераты дана высокая оценка результатам исследований молодых ученых.

26 января 2017 года в Диссоте Д 004.008.01 состоялись две защиты кандидатских диссертаций: М. В. Сначева «Геология Амурского стратиформного цинкового месторождения» (по специальности 25.00.11 — геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения) и Т. А. Каневой «Петрология позднегокембрийских магматических образований Северо-Западного Пай-Хоя» (по специальности 25.00.04 — петрология, вулканология).

Диссертация М. В. Сначева посвящена уникальному на Южном Урале цинковому Амурскому месторождению, которое залегает согласно среди углеродистых и карбонатно-углеродистых отложений и недавно привле-

кло интерес исследователей в связи с его практической разработкой Челябинским цинковым заводом. На основе обширного фактического материала автору удалось существенно продвинуться в понимании геологической истории образования месторождения, выявить закономерности распределения главных и попутных элементов в рудных телах и вмещающих породах, а также разработать и проверить на практике критерии проведения поисковых работ на цинковое оруденение. Выполнена детальная петрогеохимическая характеристика месторождения и доказано отнесение рудовмещающих черносланцевых отложений к низкоуглеродистому типу, а также терригенно-углеродистой и карбонатно-углеродистой формациям, накопление которых происходило в пределах локальных депрессий относительно мелководного бассейна. В диссертации изложены три защищаемых положения, доказательство которых основано на новом буровом и научно-исследовательском материале, полученном на сертифицированном оборудовании; раскрыты противоречия между представлениями предшественников о геологическом строении Амурского месторождения и комплексом новейших данных, полученных при проведении поисковых и оценочных работ в последнее десятилетие. Диссертация выполнена в «ООО Газпромнефть» НТЦ. Научным руководителем диссертанта является известный геолог, д. г.-м. н., член-корр. РАН, директор Института геологии Уфимского научного центра РАН В. Н. Пучков. Оппоненты — Р. Г. Ибламинов, д. г.-м. н., зав. кафедрой минералогии и петрографии Пермского государственного национального исследовательского университета и М. Б. Тарбаев к. г.-м. н., зам. начальника Департамента по недропользованию по Северо-Западному федеральному округу — дали положительные отзывы о диссертации. Ведущая организация — Институт минералогии Уральского отделения Российской академии наук (г. Миасс), широко известная в области геологии и поиска полезных ископаемых, дала положительное заключение, которое составлено д. г.-м. н. Е. В. Белогуб и к. г.-м. н. К. А. Новоселовым. На диссертацию поступили 9 отзывов, все положительные.

Диссертационная работа Т. А. Каневой весьма актуальна для региональной геологии, поскольку породы докембрийского возраста редко выходят на дневную поверхность в пределах Северо-Западного Пай-Хоя и остается множество вопросов о строении и геологической истории Амдерминского поднятия. Диссертация не только вносит важный вклад в региональную геологию, но и помогает решать вопросы геологического картирования, способствует пониманию закономерностей образования и локализации полезных ископаемых, генетически связанных с позднегокембрийским вулканизмом.

В результате проведенных исследований выявлены критерии различия лавовой, покровной (туфы) и субвулканической фаций позднегокембрийских вулканитов в сокольнинской и морозовской свитах на Северо-Западном Пай-Хое. Установлено, что позднегокембрийские вулканиты формировались в надсубдукционной обстановке, в рамках двух палеоостровных дуг — позднерифейской (морозовская свита) и позднерифейско-вендской (сокольнинская свита). Впервые выполнены определения изотопного состава неодайма, на основе которых сделан вывод о едином мантийном источнике (резервуаре) расплавов, из которых формировались вулканические породы морозовской и сокольнинской свит.

Проведенное уран-свинцовое датирование детритовых цирконов из осадочных пород сокольнинской свиты подтвердило ее позднерифейско-вендский возраст, полученный ранее палеонтологическим методом. Вывод о надсубдукционной обстановке докембрийского вулканизма на территории современного Северо-Западного Пай-Хоя вполне комплементируется с данными, полученными для палеовулканитов рифейско-вендского возраста в пределах поднятий Оченырд, Манитанырд и Енганепэ на западном склоне Полярного Урала.

Диссертация выполнена в Институте геологии Коми научного центра УрО РАН под руководством к. г.-м. н. А. А. Соболевой. Оппоненты — д. г.-м. н. А. А. Цыганков,

директор Геологического института СО РАН (Улан-Удэ) и к. г.-м. н. Е. Н. Волчек, зав. лабораторией палеовулканизма и региональной геодинамики Института геологии и геохимии УрО РАН (Екатеринбург). Ведущая организация — Институт геологии УНЦ РАН (Уфа), положительное заключение составлено д. г.-м. н. С. Г. Ковалевым. На автореферат получено 8 положительных отзывов.

Диссертации, авторефераты соискателей, отзывы на диссертации и авторефераты, а также результаты защит и аудиовидеозаписи представлены на сайте Института геологии Коми НЦ УрО РАН (<http://geo.komisc.ru/>).

Ученые секретари: д. г.-м. н. Т. Безносова, Д004.008.02;
д. г.-м. н. В. Ракин, Д 004.008.01

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ СЕМИНАР • GEOLOGICAL SEMINAR

We present the activity of our geological seminar in 2016. The most important events are recommendations for dissertation councils, joint meeting of the Geological seminar and Department of geology of Syktyvkar State University «February Readings», traditional «Chernov Readings» dedicated to G. A. Chernov's 110th Anniversary, V. G. Olovyanishnikov's 80th Anniversary commemoration meeting.

Работа семинара после продолжительных «летних каникул» в связи с полевыми работами и отпусками значительной доли научных сотрудников, как правило, начинается в октябре. Так, в 2015–2016 году (с октября по декабрь) было проведено 35 заседаний геологического семинара, что значительно больше обычного. Особое значение имеет семинар для молодых специалистов, готовящихся к защите своих работ на соискание ученой степени кандидатов геолого-минералогических наук: Работы молодых ученых в этом году вызвали большой интерес, были доведены до логического завершения и были рекомендованы к защите в диссертационных советах.

В феврале 2016 г. прошло традиционное совместное заседание геологического семинара и кафедры геологии СыктГУ — Февральские чтения, где наряду с опытными ораторами выступили и студенты. Студенческие доклады бурно обсуждались, и высказанные замечания способствовали улучшению работ, которые с успехом были защищены летом.

Большой блок докладов семинара относится к новым методам и разработкам специалистов, применяемым в институте. Так, на одном из совместных заседаний минералогического и геологического семинаров было обсуждено *использование метода рентгеновской томографии для решения минералогических, палеонтологических и палинологических задач, и возможность его внедрения в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН* ведущими специалистами института (д. г.-м. н. Т. Г. Шумилова, к. г.-м. н. Р. И. Шайбеков, д. г.-м. н. О. П. Тельнова, к. г.-м. н. А. В. Журавлев). Докладчикам удалось показать результаты исследований, полученные этим методом в центральных институтах России и за рубежом, обсуждалась возможность приобретения рентгенотомографа для Центра коллективного пользования в ИГ Коми НЦ УрО РАН.

Заместитель начальника «Севзапнедра», начальник «Коминедра» к. г.-м. н. М. Б. Тарбаев и д. г.-м. н. С. К. Кузнецов рассказали о проблемах и новых направлениях, выдвинутых на VIII Всероссийском съезде геологов, прошедшем в Москве 26–28 октября 2016 г.

Серия докладов, посвященных обзору прошедших конференций и совещаний, содержала также сообщения авторов на этих мероприятиях.

К 80-летию В. Г. Оловянишникова 1 июня был проведен вечер памяти, где с научными докладами и воспоминаниями выступили его коллеги. Семинар прошел в очень теплой обстановке с презентацией о жизненном пути Всеволода Георгиевича и рассказами о его творчестве супруги д. б. н. М. В. Гецен.



Геологический семинар, посвященный памяти В. Г. Оловянишникова (слева направо Н. Н. Тимонина, С. К. Кузнецов, В. Л. Андреичев, А. М. Пыстин, М. В. Гецен (супруга В. Г. Оловянишникова), А. М. Асхабов

Geological seminar in the memory of V. G. Olovyanishnikov (from left to right N. N. Timonina, S. K. Kuznetsov, V. L. Andreichev, A. M. Pystin, M. V. Getsen (V. G. Olovyanishnikov's spouse), A. M. Askhabov

По результатам полевых работ 2016 г. сделали сообщения к. г.-м. н. Е. С. Пономаренко («Верхнедевонский рифовый комплекс Седью: состав, строение и условия образования») и П. А. Безносов («Позднедевонская дельта Северного Тимана: предварительные итоги экспедиции 2016 г.»). Полученные результаты вызвали интерес у коллег.

14 декабря прошли традиционные Черновские чтения, посвященные 110-летию Г. А. Чернова, где с докладом «От геoarхеологии Георгия Александровича Чернова до современной минералого-геохимической археологии» выступил д. г.-м. н. В. И. Силаев.

Секретарь геологического семинара
к. г.-м. н. Н. Рябинкина



SENYUKOV VASILY MIKHAILOVICH

For the 110th Anniversary

07.01.1907–08.22.1975

We briefly present the life and career of an outstanding geologist, Professor, Doctor of sciences, three times winner of the USSR State Prize, honored worker of science and technology of Komi Republic and Yakutia Vasily Mikhailovich Senyukov. His name is connected to: the world's first discovery of the most ancient Cambrian oil in Siberia, the richest oil and gas fields of Volga-Ural region; unique methods, initiative plan and implementation of reference and parametric drilling in the USSR; scientific and experimental works on recreating of the natural oil formation processes; construction of tubeless tunnels in sedimentary rocks for the most economical operation of gas fields. All these pioneering initiatives of the scientist entered the golden fund of Russia geological science.

ВАСИЛИЙ МИХАЙЛОВИЧ СЕНЮКОВ

К 110-летию со дня рождения

07.01.1907–22.08.1975

В январе исполнилось 110 лет со дня рождения выдающегося коми геолога, профессора, д. г.-м. н., трижды лауреата Государственной премии СССР, заслуженного деятеля науки и техники Коми АССР и Якутской АССР Василия Михайловича Сеньюкова. С его именем связано первое в мире открытие древнейшей кембрийской нефти в Сибири, богатейших нефтегазовых месторождений Волго-Уральской области; уникальная методика, инициативный план и реализация опорного и параметрического бурения в СССР, научно-экспериментальные работы по воссозданию природных нефтеобразующих процессов; прокладка беструбных тоннелепроводов в осадочных породах для наиболее экономичной эксплуатации газовых месторождений. Все эти пионерские начинания ученого вошли в золотой фонд российской геологической науки.

Родился Василий в многодетной семье коми рабочего-лесоруба (11 человек) в деревне Онежье Княжпогостского района и с детства познал тяжелый крестьянский труд. Василий работал возчиком, лесорубом, летом сплавлял лес на плотках (1922–1925 гг.). Революция 1917 года перевернула жизнь всей страны и глухого Коми края. Любознательный Василий рвался к учебе, знаниям. Однако многодетная семья и голодное детство крепко держали его в родном доме. Два раза убежал он от грозного отца, пытаясь добраться до школы. Наконец, в третий раз ему удалось сбежать в село Глово Удорского района, где он экстерном окончил школу второй ступени. Парню было уже 19 лет [2, 3].

Жажда новых знаний захлестнула его. Он заканчивает педагогический техникум, совпартшколу, активно работает в комсомоле, в профсоюзе, на землеустроительных курсах. И наконец, Московский нефтяной институт. В 1935 г. оканчивает геолого-разведочный факультет института с дипломом инженера-геолога. И вот геологическое поле, полное новых впечатлений и открытий. Возглавляя Якутскую нефтяную экспедицию НГРИ (1935–1937 гг.), Василий Михайлович обнаруживает битуминозные доломит и асфальт и предлагает поисково-разведочные работы на нефть в районе рек Толбы и Амги. В результате



Д. г.-м. н. Василий Михайлович Сеньюков — лауреат Сталинской премии первой степени за научную работу «Река Толба и нефтеносность северного склона Алданского массива» (1941 г.)

DSc Vasily Mikhailovich Senyukov — laureate of Stalin prize of the first degree for his scientific work «Tolba River and oil content of northern slope of Aldan massif» (1941)

дальнейших исследований Василию Михайловичу удалось доказать, что самые древние в мире кембрийские отложения могут содержать нефть и что восточные районы Сибири являются высокоперспективными для поисков «черного золота» [1]. Позднее этот прогноз ученого блестяще подтвердился, в 1962 г. на Марковской площади был получен мощный нефтяной фонтан. За это эпохальное открытие В. М. Сеньюков был удостоен звания лауреата Государственной премии СССР (1941 г.), а также получил ученую степень доктора геолого-минералогических наук без защиты диссертации (1938 г.) [1].

Второй крупной вехой в жизни Василия Михайловича явилось обоснование и открытие саратовского газа и строительство газопровода «Саратов—Москва», первенца газовой индустрии страны. Открытие летом 1942 г. Курдюмо-Елшанского газового месторождения в Саратовском Поволжье сделало В. М. Сеньюкова дважды лауреатом Государственной премии СССР. В июле 1946 г. саратовский газ дошел до Москвы, значительно облегчив жизнь москвичей в этот сверхтяжелый послевоенный период. Василий Михайлович возглавил в ту пору Государственную геологическую экспедицию по прокладке магистрального газопровода «Саратов—Москва» протяженностью 738 км и с присущей ему энергией, упорством и дотошностью довел это грандиозное мероприятие до победы.

2 августа 1996 г. в г. Емве (Княжпогостский район), на родине ученого, была торжественно открыта стела, посвященная 50-летию газовой отрасли в СССР и 90-летию со дня рождения В. М. Сеньюкова, ставшего пионером газовой индустрии страны [1, 3].

Третьей знаменательной вехой в жизни ученого явилась революционная идея (50-летие этой идеи отмечалось в 1996 г.) и практическая ее реализация в виде опорного и параметрического бурения в перспективных на нефть и газ районах страны. Всего по СССР было запланировано 113 опорных скважин (пробурено в итоге 160), исходя из материалов В. М. Сеньюкова 1946–1947 гг., опубликованных в печати. Сеть опорных скважин, заложенная в развитие идей академика И. М. Губкина о региональной нефтеносности, сберегла государству миллиарды рублей и дала геологам уникальный научный материал, по-

зволнивший открыть целый ряд новых месторождений нефти и газа.

Василий Михайлович не забывал и о перспективах индустриального и промышленного развития родного Коми края. Достаточно сказать, что в период 1967–1975 гг. по его данным в пределах Тимано-Печорской провинции было запланировано 44 и затем пробурено 38 опорных и параметрических скважин, что составило около ~44 % от запланированных по всей стране. Это способствовало открытию ряда продуктивных горизонтов в Верхнепечорской впадине, Печоро-Кожвинском и Колвинском валах, Денисовской и Хорейверской впа-



В. М. Сеньюков с сыном Ремиром и внучкой Ольгой (Москва, 1971 г.)
V. M. Senyukov with his son Remir and granddaughter Olga (Moscow, 1971)

динах. По плану В. М. Сеньюкова была пробурена скважина «Уса-1», ставшая первой в новом тогда регионе — Большеземельской тундре, что явилось неожиданным открытием для многих авторитетов. В итоге активных поисковых и разведочных работ в вышеуказанных структурах в 1967–1973 гг. был получен прирост промышленных запасов нефти в 420 млн т и газа в 530 млрд м³. Все это позволило Республике Коми войти в ряд ведущих топливно-энергетических регионов страны. В. М. Сеньюков успешно работал и в Якутии, и других регионах страны, где при реализации генеральной стратегии нефтегазопроисловых работ с его участием также был открыт целый ряд газовых и газоконденсатных месторождений [1, 3, 5].

Академик Д. И. Щербаков так отмечал выдающуюся роль ученого в этих исследованиях: «В. М. Сеньюков возвел памятник себе нерукоотворный тем, что направил сеть опорных скважин на изучение тайн земных глубин и умножение народных благ на стройках коммунизма» [1, 5].

В последние годы (по устному сообщению племянника, ученого А. И. Попова) было установлено, что В. М. Сеньюков был в третий раз удостоен звания лауреата Государственной премии СССР за секретную работу, связанную с открытием уранового месторождения в Узбекистане. Режим секретности не позволил дать эту информацию в открытой печати.

В. М. Сеньюков всю жизнь был в научном поиске. Занимался изучением генезиса нефти и газа, особенностями формирования их залежей, исследованием возможности увеличения нефтеотдачи пласта.

Промышленный эксперимент по снижению вязкости нефти в объединении «Башнефть» совместно с ВНИИгаз позволил получить авторское свидетельство на изобретение понизителя вязкости [1].

Неоднократно В. М. Сеньюков беседовал с академиком В. И. Вернадским по теоретическим вопросам происхождения нефти. Начиная с 1938 г. им развивалась идея о возможности промышленного получения углеводородов путем преобразования органических илов. Он был уверен: «То, что производит природа, должны производить и мы». Исследования в области биотехнологии (получение углеводородов, продуцируемых органическими илами) были продолжены в природной лаборатории на озере Лесном. Положительные результаты этих экспериментов явились бы надежным фундаментом в отстаивании ученым идеи органического происхождения нефти.

Последнее «полуфантастическое» увлечение В. М. Сеньюкова — прокладка беструбных тоннелепроводов в осадочных породах на основе изобретенной М. И. Циферовым подземной ракеты. Последние работы ученый проводил совместно с отрядом института «Гидропроект» на берегу р. Оби в 11 км от станции Лабитнанги. В. М. Сеньюков считал возможным построить газопровод в условиях вечной мерзлоты без каких-либо труб в определенных горизонтах (например, в толще глинистых пород, которые под воздействием подземной ракеты должны обжигаться подобно кирпичу или керамике). Беструбные газопроводы могли дать фантастическую экономию сил и финансовых средств при их реализации [1]. Неожиданная смерть ученого прервала его пионерское начинание. Скончался В. М. Сеньюков 22 августа 1975 г. от травмы, полученной во время взрыва при экспериментальной работе. Урна с его прахом захоронена на Введенском кладбище в Москве.

Открытие кембрийской нефти, богатейших газовых месторождений Волго-Уральской области, методика опорного бурения, работы по воссозданию природных нефтеобразующих процессов — все это вошло в золотой фонд российской геологической науки.

В. М. Сеньюков награжден орденами В. И. Ленина, Красной Звезды, Трудового Красного Знамени, двумя орденами «Знак почета», медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне», знаком «Отличник Наркомтяжпрома».

Страна помнит своих героев. Память о коми ученом-самородке живет в народе. Имя В. М. Сеньюкова присвоено Шошкинской восьмилетней школе Княжпогостского района. На фасаде Готовской десятилетней школы, где он учился в 1925–1926 гг., установлена в 1977 г. мемориальная доска. Именем ученого названа одна из новых улиц Ухты и старейшая (бывшая Рабочая) улица поселка Железнодорожный (Емва).

В здании Института геологии Коми НЦ УрО РАН установлена мемориальная доска с портретом В. М. Сеньюкова со следующей надписью: «Василий Михайлович Сеньюков. 1907–1975. Крупный советский ученый, геолог-нефтяник, доктор геолого-минералогических наук, профессор, лауреат государственных премий, уроженец д. Онежье Коми АССР. Внес большой вклад в развитие минерально-сырьевой базы нефтяной и газовой промышленности страны».

2 августа 1996 г. в Емве состоялось торжественное открытие памятной стелы с барельефом В. М. Сеньюкова со следующей надписью: «Выдающийся землепроходец и



Открытие стелы в г. Емве (Республика Коми) в связи с 50-летием газовой промышленности и 90-летием В. М. Сеньюкова, стоявшего у истоков газовой индустрии страны. Справа: Ю. А. Спиридонов (Глава РК 1994–2002 гг.), В. А. Тришина (зав. отделом культуры Княжпогостского района), Р. И. Попова (племянница В. М. Сеньюкова). Слева: В. Г. Подюк (генеральный директор «Севергазпрома»), А. И. Попов (племянник В. М. Сеньюкова), А. С. Зизганов (глава администрации Княжпогостского района). 02.08.1996 г.

Opening of memorial in Emva (Komi Republic) in connection with the 50th anniversary of gas industry and the 90th anniversary of V. M. Senyukov, who stood at the origins of the gas industry of the country. Right: Yu. A. Spiridonov (Head of Komi Republic 1994–2002), V. A. Trishina (Head of the Department of Culture of Knyazhpogostsky district), R. I. Popova (V. M. Senyukov's niece). Left: V. G. Podyuk (General Director of Severgasprom), A. I. Popov (V. M. Senyukov's nephew), A. S. Zizganov (Head of Administration of Knyazhpogostsky district). 02.08.1996

геолог, ученый-нефтяник с мировым именем, основоположник газовой индустрии страны, уроженец с. Онежье Княжпогостского района, проф. Василий Михайлович Сеньюков. 1907–1975» [1].

Сыктывкарской студией телевидения в 1978 г. создан документальный фильм «Лоцман кембрийского моря». Написан одноименный роман Ф. Пудалова, посвященный первым геологическим открытиям В. М. Сеньюкова в Сибири. Именем ученого назван сквер в г. Емве, в историко-краеведческом музее г. Емвы открыта постоянно действующая экспозиция о В. М. Сеньюкове.

Все это воссоздает зримый облик ученого, который энергично, с научной интуицией и непреклонностью стремился к претворению в жизнь всех пионерских начинаний.



Родственники В. М. Сеньюкова у родного дома геолога, с. Онежье (Республика Коми). 19.01.2007 г.

V. M. Senyukov's relatives near his home. Oneghye Village (Komi Republic). 19.01.2007

Все помыслы В. М. Сеньюкова были направлены на такие планы и дела, которые принесли бы стране и ее народу максимальную пользу путем применения наиболее эффективных, малозатратных и экологически чистых методов.

Перефразируя великого Ньютона, можно сказать, что всеми своими достижениями В. М. Сеньюков обязан тому, что стоял на плечах таких гигантов науки, как академики И. М. Губкин, В. И. Вернадский, В. А. Обручев, изобретатель М. И. Циферов. Неузнаваемо изменился облик Республики Коми. Она стала одним из основных топливно-энергетических комплексов России. И в этом немалая заслуга нашего земляка В. М. Сеньюкова, вся жизнь которого служит вдохновляющим примером для нашей молодежи, образцом беззаветного служения Родине.

Его краткая автобиография, найденная в фондах ученого, заканчивается словами: «Весь период моей жизни можно охарактеризовать действительным осуществлением одного желания — работать, учиться, учиться, работать, вечно в труде, больше пользы принести на благо нашей любимой Отчизне и высоко нести знамя нашей Коммунистической партии, быть примером на производстве, в учебе и в науке — эти черты сопровождали и сопровождают органически всю мою жизнь» [1].

Литература

1. Калинин Е. П., Сеньюков Р. В., Вдовыкин Г. П., Анисимова Г. А., Попов А. И. Профессор Василий Михайлович Сеньюков: биобиблиография научных работ. Сыктывкар: Геопринт, 2006. 42 с.
2. Рябухин Г. Е., Сеньюков Р. В. Профессор Василий Михайлович Сеньюков (1907–1975): М.: Нефть и газ, 1997. 43 с. (Губкинцы гордятся ими... Вып. 3.)
3. Сеньюков Р. В., Калинин Е. П., Вдовыкин Г. П., Витязева В. А., Рябухин Г. Е. Профессор Василий Михайлович Сеньюков — инициатор идеи и организатор опорного бурения в СССР. Сыктывкар: Геопринт, 2001. 28 с.
4. Ученый-геолог профессор Василий Михайлович Сеньюков (1907–1975): Сб. документов, материалов, вос-



поминаний: Каталог личного фонда. Сыктывкар: Изд-во Сыктывкарского ун-та, 2003. 112 с.

5. Юшкин Н. П. Очерки об ученых. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. С. 217–220.

References

1. Kalinin E. P., R. V. Senyukov, G. P. Vdovkin, G. A. Anisimova, A. I. Popov. *Professor Vasily Mikhailovich Senyukov: biobibliografiya nauchnykh rabot* (biobibliography of scientific works). Syktyvkar, Geoprint, 2006, 42 pp.

2. Ryabuhin G. E., Senyukov R. V. *Professor Vasily Mikhailovich Senyukov (1907–1975). Seriya «Gubkintsy gordyatsya imi...»*. No. 3, Moscow, Neft i gaz, 1997, 43 pp.

3. R. V. Senyukov, E. P. Kalinin, G. P. Vdovkin, V. A. Vityazeva, G. E. Ryabuhin. *Professor Vasily Mikhailovich Senyukov – initiator idei i organizator opornogo bureniya v SSSR* (Professor Vasily Mikhailovich Senyukov — Pioneer of reference drilling in the USSR). Syktyvkar, Geoprint, 2001, 28 pp.

4. *Uchenyi-geolog professor Vasily Mikhailovich Senyukov (1907–1975)*. (Geologist Professor Vasily Mikhailovich Senyukov). Collection of documents, materials, memories. Personal fund. Syktyvkar, Syktyvkar University, 2003, 112 pp.

5. Yushkin N. P. *Oчерки об ученых* (Sketches about scientists). Ekaterinburg, UB RAS, 2013, pp. 217–220.

К. г.-м. н. Е. Калинин

ПАМЯТИ ДРУГА • IN MEMORY OF THE FRIEND

Fifteen years ago, December 25th, 2001 we paid last respects to our colleague and friend Sergey Albertovich Popov, employee at the department of mineralogy of the Institute of geology, who tragically died in 2001.

Пятнадцать лет назад, 25 декабря 2001 года, мы проводили в последний маршрут коллегу и друга, Сергея Альбертовича Попова. 10 декабря ему исполнилось бы 50 лет. Он ушел от нас молодым человеком в расцвете сил. Сергей родом из Троицко-Печорска Коми Республики. После 10 класса он поступил в Ленинградский горный институт, а после второго курса был призван в Советскую



армию. После службы продолжил учебу, успев год поработать на заводе. После окончания в 1992 г. Горного института поступил на работу в отдел минералогии и начал заниматься минералогией среднеюрских терригенных отложений северо-востока Русской плиты, специализируясь на слоистых силикатах. Им было опубликовано более 20 работ по этой теме. Сергей очень быстро вошел в коллектив института, найдя общий язык со многими сотрудниками и участвуя в совместных исследованиях.

Он любил горы и при возможности оставлял свой объект исследования на платформе, вырываясь на Урал. Сергей писал стихи, играл на гитаре, сочинял музыку. Пел народные песни или песни советских лет, рок, песни известных бардов и свои личные. Мы могли слушать его допоздна, но, к сожалению, таких случаев было немного. В лихие 90-е годы, чтобы не бросать геологию, нам приходилось подрабатывать. Разгружали вагоны и машины, полировали и укладывали облицовочные плиты, чистили вечерами снег с крыш городских многоэтажек, а в начале лета до полевых работ брали отпуск и занимались промышленным альпинизмом.

Сергей был физически сильным и выносливым человеком. С ним было легко, весело, дружно работать и отдыхать. У нас была в те годы традиция — ночные лыжные вылазки. Выходили в ночь с пятницы на субботу из города и пробирались через лес напрямик к Максаковским дачам, в баню. Он был центром и душой нашей компании. На протяжении всего нашего знакомства постоянно удивлял нас, открываясь с новых сторон. Был интеллигентным, доброжелательным человеком с редким чувством юмора. Мы восхищались его способностью с интересом общаться с людьми разного возраста. Он умел слушать собеседника. Даже в жарких спорах был всегда спокоен и не хотел обидеть оппонента. Наблюдательность, юмор и добрая ирония Сергея отражены в его стихах, поэмах и эпиграммах в сборнике «Я законченный идеалист», опубликованном после его смерти. В них чувствуется единственная и настоящая любовь к жене и обожание сына. По сборнику также можно узнать историю значимых событий Института геологии в 90-е годы.

Гибель Сергея для его близких, родных и нас, друзей, осталась зловещей тайной. Его яркая жизнь осветила и нашу жизнь, наполнив ее незабываемыми событиями и впечатлениями, за что мы благодарны Сергею и всегда будем беречь память о нем.

В. Салдин, М. Сокерин, К. Романов

Ответственные за выпуск:
Е. В. Машина

Редакторы издательства:
О. В. Габова,
К. В. Ордин (английский)

Компьютерная верстка:
Р. А. Шуктомов

Свид. о рег. средства массовой информации
ПИ № ФС77-56817 от 29.01.2014
Подписано в печать 2.03.2017

Тираж 180
Заказ 1034
Адрес редакции и издательства:
167982, Сыктывкар, Первомайская, 54

Тел.: (8212) 24-51-60
Факс: (8212) 44-82-68
Эл. почта: vestnik@geo.komisc.ru

На обложке также использованы фото И. Астаховой, Ю. Глухова, И. Голубевой, Р. Шуктомова