

**РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ИЛЬМЕНОГОРСКОГО КОМПЛЕКСА (ЮЖНЫЙ УРАЛ)
ЗА ПОСЛЕДНИЕ 20 ЛЕТ (1998–2018 гг.)**

В.Г. Кориневский, Е.В. Кориневский

*Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН,
Институт минералогии, г. Миасс, Челябинская обл., 456317 Россия; vgkor@mineralogy.ru*

**RESULTS OF GEOLOGICAL-PETROGRAPHIC STUDY OF 1998–2018
OF THE ILMENOGORSKY COMPLEX, SOUTH URALS**

V.G. Korinevsky, E.V. Korinevsky

*South Urals Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology UB RAS, Institute of Mineralogy,
Miass, Chelyabinsk oblast, 456317 Russia; vgkor@mineralogy.ru*

Обобщены сведения о находках минералов, новых для Ильменских гор, Урала и мира, а также горных пород, новых для Ильменских гор. Показаны основные результаты геологических работ на территории Ильменского государственного заповедника, изменившие представления о его геологической истории.

Илл. 24. Табл. 3. Библ. 66.

Ключевые слова: уразбаевская олистострома, минералы базитов и гипербазитов, пироксениты, габбро, горнблендиты, магматические скаполитовые породы, микросферулы самородных металлов и интерметаллидов, Ильменские горы, Южный Урал.

The data on findings of new minerals for the Ilmeny Mountains, the Urals and the world and new rocks for the Ilmeny Mountains are summarized. The main results of geological works at the territory of the Ilmeny State Reserve, which changed the ideas of its geological evolution, are shown.

Figures 24. Tables 3. References 66.

Key words: Urazbaevo olistostrome, minerals of mafic and ultramafic rocks, pyroxenites, gabbro, hornblendites, igneous scapolite rocks, microspherules of native metals and intermetallic compounds, Ilmeny Mountains, South Urals.

«...Нельзя объять необъятное...»

Козьма Прутков

Введение

Мировую известность Ильменским горам принесли минералы из сиенитовых и гранитных пегматитов и первые в мире щелочные горные породы – миаскиты. Вмещающие их породы долгое время оставались менее изученными (Заварицкий, 1939; Доминиковский, 1971; Левин, 1974; Баженов и др., 1992). За 20-летний период наших работ получены новые, часто неожиданные результаты, существенно изменившие многие взгляды на геологическую

историю Ильменогорского метаморфического комплекса, его петрографию и минералогия. Эти результаты отражены в неполном списке наших публикаций (В. Кориневский, 2000а, б; 2001; 2002; 2004; 2006; 2008а; 2008б; 2011; 2012а; 2012б; Кориневский, Кориневский, 2001; 2002; 2003; 2006а; 2006б; 2006в; 2007; 2008; 2013; 2014; 2015а; 2015б; 2015в; 2019; Е. Кориневский, 2013; В. Кориневский и др., 2000; 2007; 2015а; 2015б; 2016; 2017; 2018а; 2018б; В. Кориневский, Котляров, 2009; В. Кориневский, Лебедева, 2014; В. Кориневский, Блинов, 2016). В этой работе мы суммировали полученные нами результаты при работе в Ильменских горах.

Методика исследований

Основу исследований составило детальное геологическое картирование нескольких опорных участков в северной части Ильменского заповедника (рис. 1). Картирование проводилось с применением теодолитной привязки всех обнажений, для которых с помощью GPS-навигатора определялись координаты, а сами обнажения маркировались краской. Иногда контакты пород вскрывались экскаваторными и ручными канавами, зачистками. В результате получены подробные геологические схемы.

Из большинства обнажений отбирались штучные образцы и пробы на различные виды анализов, а также протоочки для извлечения минералов. Химический состав пород определен в лаборатории геоэкологии и минералогии техногеоза Института минералогии ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН. Состав минералов определялся на рентгеноспектральном микроанализаторе Jeol-733 (аналитики Е.И. Чурин, В.А. Муфтахов) и электронных микроскопах РЭМ-МА-202 М, оснащенных ЭДС Link ED-System (аналитик В.А. Котляров), и Tesla Vega 3 с ЭДС Oxford Instruments X-act (аналитик И.А. Блинов). Все фотографии пород и минералов в статье выполнены авторами (за исключением СЭМ фото). Для многих минералов были получены дифрактограммы, инфракрасные и мессбауэровские спектры.

Геологические результаты

Уточненное геологическое строение нескольких опорных участков в северной части Ильменского заповедника (рис. 2–6) отличается от такового на геологических картах, которые лежат в основе большинства геологических построений по Ильменским горам (Юрецкий и др., 1982ф; Баженов и др., 1992; Варлаков, 1995).

Установлено, что на межозерье Миассово–Таткуль (рис. 2) распространены преимущественно метаосадочные породы кыштымской (в понимании Юрецкого и др., 1982ф; Варлакова, 1995) толщи. Ее нижняя подтолща представлена протяженными пачками мелкозернистых гнейсовидных биотитовых кристаллосланцев с прослоями кварцитов, а верхняя, в основном, сложена слюдястыми кварцитами. Благодаря прослеженным маркирующим горизонтам пород (кварцитов, кристаллосланцев) удалось показать, что граница между подтолщами на описываемом участке тектоническая, без су-

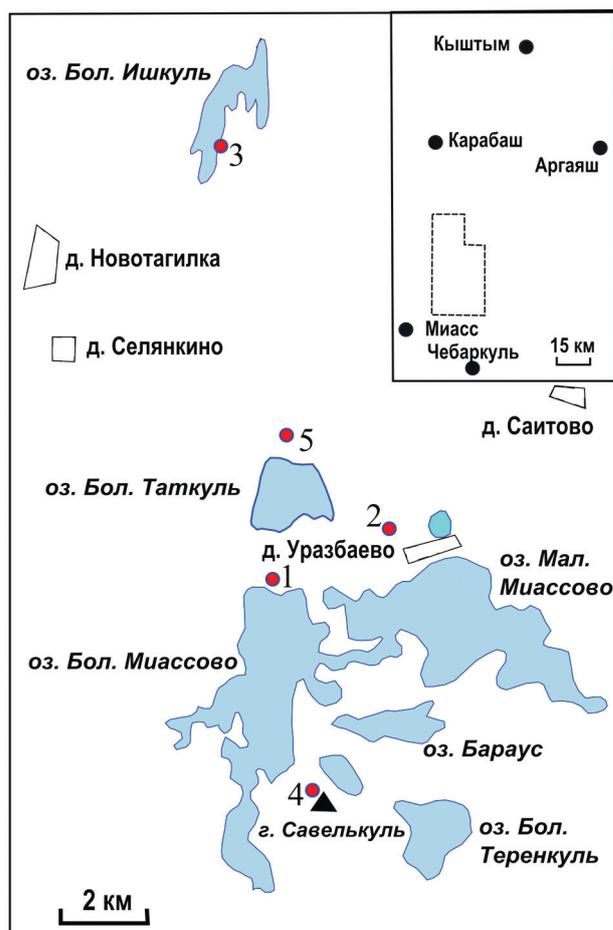


Рис. 1. Обзорная схема района работ.

Детально изученные участки Ильменского заповедника: 1 – межозерье Бол. Миассово–Большой Таткуль; 2 – дер. Уразбаево; 3 – Осиновый мыс на оз. Большой Ишкуль; 4 – оз. Савелькуль; 5 – северное побережье оз. Бол. Таткуль.

Fig. 1. Scheme of the working area.

Detailed areas of study of the Ilmeny State Reserve: 1 – area of lakes Bolshoe Miassovo–Bolshoy Tatkul; 2 – village of Urazbaevo, 3 – Osinovy Cape, Lake Bolshoy Ishkul; 4 – Lake Savelkul; 5 – the northern coast of Lake Bolshoy Tatkul.

ществленных сдвигов и зон blastomylonites, а по простиранию севернее на побережье оз. Таткуль – согласная. Породы простираются в север-северо-восточном направлении, не образуя сколь-нибудь масштабных складок, хотя кливаж течения и плейчатость в пластах кварцитов проявились. Породы залегают круто, падая в восточном направлении. Сходная ситуация наблюдается и на северном побережье оз. Таткуль (рис. 3), где толща мелкозернистых гнейсовидных биотитовых кристаллосланцев с прослоями кварцитов согласно перекрывается

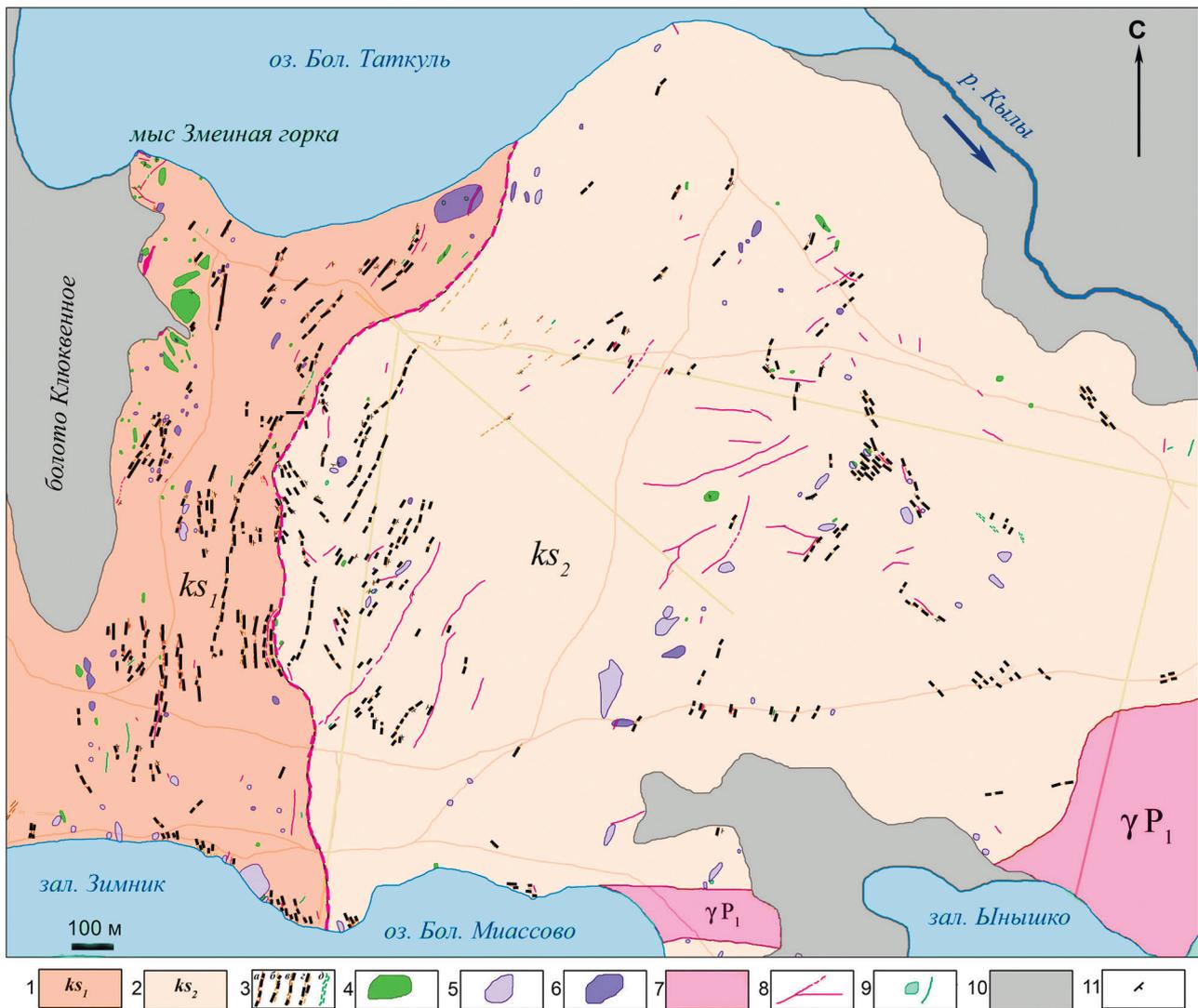


Рис. 2. Геологическая схема межозерья Бол. Миассово–Большой Таткуль (составлена В.Г. Кориневским, Е.В. Кориневским, Н.И. Вализер, 2002 г.).

1 – гнейсовидные мелкозернистые биотитовые кристаллосланцы с прослоями кварцитов нижнекыштымской подтолщи (ks_1); 2 – преимущественно кварцитовая верхнекыштымская подтолща (ks_2); 3 – прослеженные горизонты гнейсовидных биотитовых кристаллосланцев (а), амфиболовых гнейсов (б), диопсид-скаполитовых сланцев (в), кварцитов (г) и кyanитовых сланцев (д); 4 – кластолиты и тела амфиболитов; 5, 6 – тремолит-антофиллитовые (5) и энстатит (\pm оливин)-антофиллитовые (6) метагипербазиты; 7 – аплитовидные граниты; 8 – дайки гранитов и гранитных пегматитов; 9 – тела и жилы гранулированного кварца; 10 – болота; 11 – элементы залегания.

Fig. 2. Geological scheme of the area of lakes Bolshoye Miassovo–Bolshoye Tatkul (composed by V.G. Korinevsky, E.V. Korinevsky and N.I. Valizer, 2002).

1 – gneissic fine-grained biotite crystal schists with interlayers of quartzites of the Lower Kyshtym Subsequence (ks_1); 2 – mostly quartzitic Upper Kyshtym Subsequence (ks_2); 3 – traced horizons of gneissic biotite crystal schists (a), amphibole gneisses (б), diopside-scapolite schists (в), quartzites (г) and kyanite schists (д); 4 – clastoliths and amphibolite bodies; 5, 6 – tremolite-anthophyllite (5) and enstatite (\pm olivine)-anthophyllite (6) metagabbro; 7 – aplitic granites; 8 – dikes of granites and granitic pegmatites; 9 – bodies and veins of granular quartz; 10 – swamps; 11 – bedding elements.

толщей слюдяных кварцитов с восточным падением.

В обеих частях разреза кварцито-сланцевой толщи на Миассовском участке закартировано

большое количество изометричных или линзовидных тел метагипербазитов (тремолит-антофиллитовых и оливин-энстатит-антофиллитовых), местами достигающих 100–150 м в поперечнике. Обычно

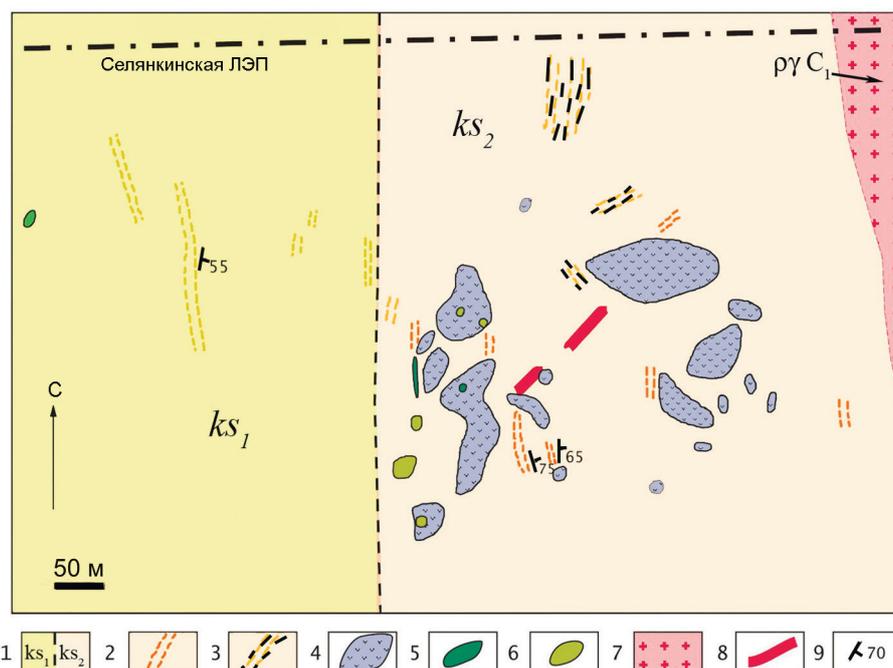


Рис. 3. Геологическая схема участка на северном побережье оз. Бол. Таткуль (квартал 53 Ильменского заповедника, составлена В.Г. Кориневским и Е.В. Кориневским, 2003 г.).

1 – вмещающие породы кыштымской толщи: ks_1 – нижняя подтолща (преимущественно гнейсовидные мелкозернистые биотитовые кристаллосланцы), ks_2 – верхняя подтолща (преимущественно кварциты с отдельными прослоями кристаллосланцев); 2 – прослеженные прослои гнейсовидных биотитовых кристаллосланцев; 3 – прослеженные прослои кварцитов; 4 – тальк-тремолит-энстатит-антофиллитовые метагипербазиты; 5 – апатит-шпинелевые горнблендиты с пирротинном; 6 – амфиболиты; 7 – биотитовые граниты; 8 – дайки гранитных пегматитов; 9 – элементы залегания полосчатости.

Fig. 3. Geological scheme of the northern coast of Lake Bolshoy Tatkul (quarter no. 53 of the Ilmeny State Reserve, composed by V.G. Korinevsky and E.V. Korinevsky, 2003).

1 – country rocks of the Kyshtym Sequence: ks_1 – Lower Kyshtym Subsequence (mostly gneissic fine-grained biotite crystal schists), ks_2 – Upper Kyshtym Subsequence (mostly quartzites with interlayers of crystal schists); 2 – interlayers of gneissic biotite crystal schists; 3 – interlayers of quartzites; 4 – talc-tremolite-enstatite-anthophyllite metaultramafic rocks; 5 – apatite-spinel hornblendites with pyrrhotite; 6 – amphibolites; 7 – biotite granites; 8 – dikes of granitic pegmatites; 9 – bedding elements of banding.

они слагают изолированные тела, реже их цепочки, неравномерно распределенные по площади. Неподалеку от них или изолированно встречаются более мелкие тела биотитовых и гранатсодержащих амфиболитов, габбро-амфиболитов, корунд-гранатовых горнблендитов. Существенной разницы в минеральном составе тел метагипербазитов из разных подтолщ не наблюдается. Кварциты и кристаллосланцы местами рассечены дайками аплитовидных гранитов и гранитных пегматитов различного простирания. Субмеридиональные дайки более древние, чем субширотные. Гранулированный белый кварц, иногда с зернами граната и агрегатами силлиманита образует короткие линзы и жилы. На северном побережье оз. Таткуль (рис. 3) скопление крупных (до 200 м в поперечнике) тел тремолит-энстатит-антофиллитовых метагипербазитов нахо-

дится среди кварцевой толщи, а в нижележащих кристаллосланцах они не обнаружены. Рядом с телами метагипербазитов здесь обнажаются изолированные тела апатит-шпинелевых горнблендитов.

Согласно (Юрецкий и др., 1982ф) на участке севернее дер. Уразбаево (рис. 4) распространены породы сайтовской толщи (преимущественно слюдястые и графитистые кварциты). Нами установлено (Кориневский и др., 2015а), что они литологически подобны породам верхнекыштымской подтолщи на Миассовском участке, структурно находясь выше последней. По нашему мнению – это единая толща кварцевой толщи, которую совместно с подстилающей толщей гнейсовидных кристаллосланцев можно объединить в единую сайтовскую толщу.

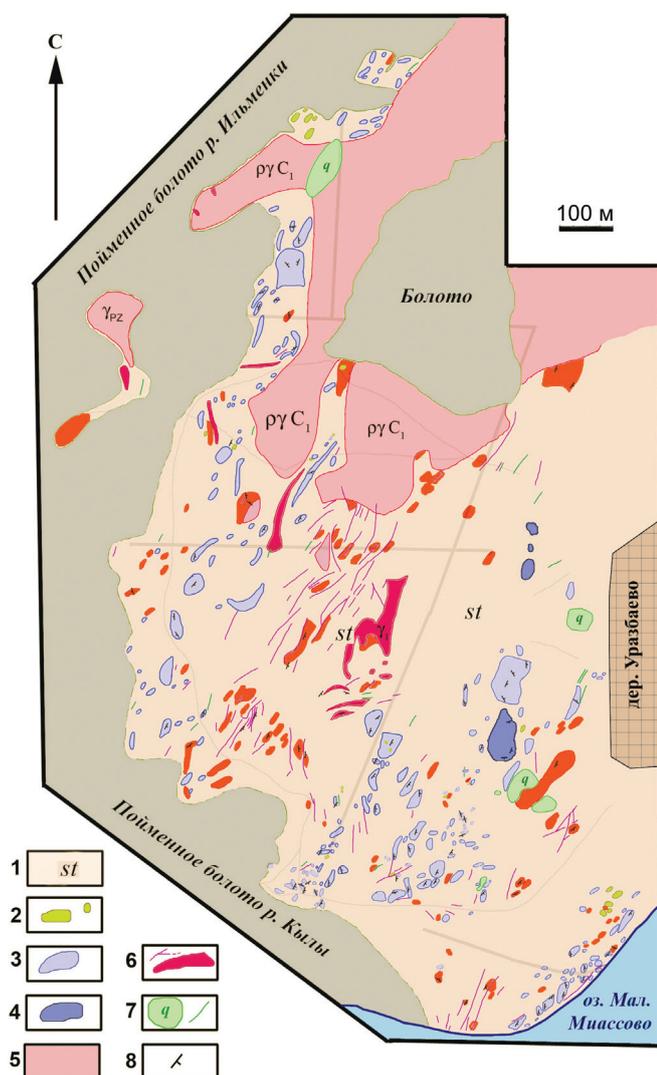


Рис. 4. Геологическая схема северной окрестности дер. Уразбаево (составлена В.Г. Кориневским, Е.В. Кориневским, Н.И. Вализер, 1998 г.).

1 – преимущественно кварцитовая сайтовская толща (*St*); 2 – кластолиты габбро-амфиболитов; 3, 4 – тремолит-антофиллитовые (3) и энстатит (\pm оливин)-антофиллитовые (4) метагипербазиты; 5 – аплитовидные граниты; 6 – дайки и пластовые залежи гранитов и гранитных пегматитов; 7 – тела гранулированного кварца; 8 – элементы залегания.

Fig. 4. Geological scheme of the northern part of the village of Urazbaevo (composed by V.G. Korinevsky, E.V. Korinevsky and N.I. Valizer, 1998).

1 – mostly quartzitic Saitovo Sequence (*St*); 2 – gabbro-amphibolite clastoliths; 3, 4 – tremolite-antophyllite (3) and enstatite (\pm olivine)-antophyllite (4) metaultramafic rocks; 5 – aplitic granites; 6 – dikes and beds of granites and granitic pegmatites; 7 – bodies of granular quartz; 8 – bedding elements.

На Уразбаевском участке находится самое крупное скопление разобренных тел метагипербазитов. Они расположены хаотично, поэтому представляется странным выделение здесь «пластов» метагипербазитов, смятых согласно с вмещающими кварцитами (Юрецкий и др., 1982ф). Однако именно это обстоятельство послужило основанием для выделения так называемых «рифейских» рифтогенных офиолитов (Варлаков, 1995). Минеральный состав расположенных неподалеку изолированных тел метагипербазитов часто существенно отличается. Здесь преобладают антофиллитовые и энстатит-антофиллитовые разновидности с мелкозвездчатой структурой; отдельные тела сложены оливин-энстатит-антофиллитовыми породами. Нередко они слагают эффектные скальные обнажения в виде округлых и шарообразных глыб, иногда с грубоплитчатой отдельностью (рис. 5а, б, в). В береговых обрывах оз. Миассово можно встретить линзовидные включения метагипербазитов среди кристаллосланцев (рис. 5г). Вместо протяженных «пластов» амфиболитов, изображенных на карте (Юрецкий и др., 1982ф), среди кварцитов на изученном участке (рис. 4) мы обнаружили десять очень мелких тел (первые метры) габбро-амфиболитов с магматическими структурами, которые залегают как среди кварцитов, так и среди метагипербазитов, или рядом с ними. Среди них здесь можно выделить корундсодержащие, клиноцоизитовые, диопсидовые, гранатовые и другие разновидности, в которых присутствует широкий спектр высокоглиноземистых кальциевых амфиболов. Иногда на площади в первые десятки квадратных метров среди метагипербазитов поблизости находятся несколько глыб габбро-амфиболитов разного состава. Они отличаются аномально высокими содержаниями Al_2O_3 , CaO , MgO , редких земель и низкими количествами SiO_2 . С помощью шурфов (рис. 6а, б) и экскаваторных канав (рис. 6в) удалось доказать, что выступающие изолированные глыбы метагипербазитов и габбро-амфиболитов действительно залегают в виде бескорневых глыб среди окружающих их апоосадочных пород.

Уразбаевский участок выделяется обилием маломощных даек гранитов и гранитных пегматитов, которых особенно много к югу от гранитного массива. Во многих случаях граниты залегают согласно с вмещающими кварцитами и смяты вместе с ними в простые складки. Мы считаем их доскладчатými магматическими образованиями (силлами). Их пересекают сходные по составу жилы гра-

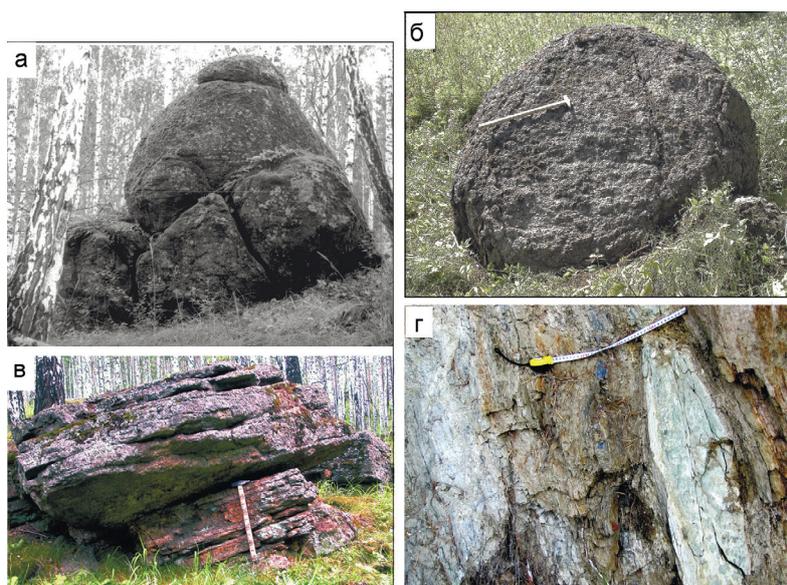


Рис 5. Характер выходов гипербазитов в окрестностях оз. Большое Миассово:

а – крупноглыбовое обнажение со сглаженными контурами; б – шаровидная глыба; в – плитчатая отдельность в метагипербазитах; г – линзовидные включения тремолит-антофиллитовой породы в кварцитах.

Figure 5. Outcrops of ultramafic rocks near Lake Bolshoe Miassovo:

а – coarse-blocky outcrop with smoothed contours; б – spherical block; в – platy jointing in metaultramafic rocks; г – lenticular inclusions of tremolite-anthophyllite rock in quartzites.

нитных пегматитов диагонального простирания. Доскладчатые граниты содержат монацит, который значительно богаче La, чем монацит из других гранитных тел Ильменских гор (В. Кориневский, 2001).

Среди кварцитов закартировано несколько крупных тел снежно-белых среднезернистых кварцевых пород поперечником до 50 м. Одно из них протягивается на 180 м. Это крупные жильные тела или система сближенных жил гранулированного кварца. Эти породы нуждаются в изучении с целью определения их пригодности в качестве источника высококачественного кварцевого сырья.

Иная геологическая ситуация наблюдается на Ишкульском и Савелькульском участках. На восточном берегу оз. Большой Ишкуль возле Осинового мыса (рис. 7) структурно ниже толщи биотитовых гнейсов селянkinской толщи обнажается крупная пластина серпентинитового меланжа. Ее основу слагают неравномерно серпентинизированные энстатит-оливин-антофиллитовые породы, первично являвшиеся гарцбургитами. В береговом обнажении видно неоднородное сложение серпентинитовой массы, наличие в ней блоков различной структуры. Крупные валуны (рис. 8) и большие блоки пород в меланже сложены разнообразными габбро, горнблендитами, вебстеритами, эпидозитами, амфиболитами. Границы глыб с серпентинитовой матрицей всегда резкие, без проявления контакто-

вых метасоматических изменений. По площади эти обломки магматических пород размещены очень неравномерно, нередко рядом могут соседствовать глыбы совершенно разных по составу пород.

Южнее оз. Савелькуль (рис. 9) в окружении биотитовых гранитов Кисегачского массива на обширной площади обнажаются сглаженные выходы метагипербазитов: тремолит-антофиллитовых, энстатит-антофиллитовых, оливинитов. Они закономерно перемежаются, образуя локальные участки. На их поверхности, также как и на Уразбаевском участке, выделяются крупноглыбовые изометричные выходы разнообразных габбро-амфиболитов. Весь комплекс метагипербазитов с глыбами габбро-амфиболитов Савелькульского участка можно рассматривать как один из «провесов» кровли биотитовых гранитов Кисегачского массива. Более мелкие тела метагипербазитов (своеобразные клиппы) располагаются на обширной площади в окрестностях горы Савелькуль. Помимо метагипербазитов, редких выходов габбро-амфиболитов и пироксенитов в их строении участвуют блоки слюдяных кварцитов, аналогичных тем, что обнажаются между оз. Миассово и дер. Уразбаево. Детальная петрографическая и минералогическая характеристика базитов и ультрабазитов района приведена в работах (Постоев, 1958; Месторождения..., 1976). Проведенные здесь гор-

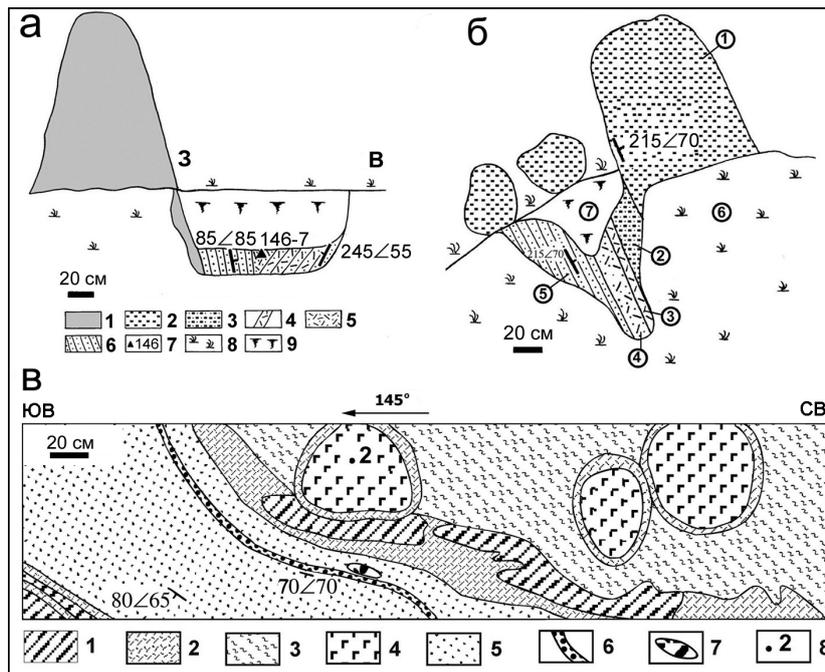


Рис. 6. Зарисовки стенок шурфов, вскрывших вмещающие породы для олистолитов метагипербазитов (а) и метабазитов (габбро-амфиболитов) (б) (межозерье Ынышко–Большой Таткуль), и дна экскаваторной канавы севернее дер. Уразбаево с округлыми кластолитами габбро-амфиболитов в метаморфизованном и дислоцированном серпентинитовом меланже (в).

а: 1 – энстатит-антофиллитовая порода; 2 – габбро-амфиболиты; 3 – выветрелые габбро-амфиболиты; 4 – рыхлая вермикулитовая порода; 5 – гранатовые кварциты с куммингтонитом, чермакитом и биотитом; 6 – гранатовые графитистые кварциты; 7 – место отбора пробы и ее номер; 8 – задернованные участки; 9 – почвенный слой.

в: 1 – тальк-тремолит-антофиллитовая порода; 2 – вермикулитовая порода; 3 – апогипербазитовый хлоритовый сланец с примазками графита; 4 – включения корундсодержащих гранат-клиноцоизитовых и гранат-цоизит-анортитовых габбро-амфиболитов; 5 – рыхлый биотит-жедрит-куммингтонитовый кристаллосланец с гранатом, ставролитом и кьянитом; 6 – тонкие пропластки графитистых кварцитов; 7 – включение диопсид-куммингтонит-чермакитового кристаллосланца с рутилом; 8 – место отбора и номер пробы гранатового габбро-амфиболита.

Fig. 6. Structure of walls of pits in country rocks of olistoliths of metaultramafic (a) and metamafic (gabbroamphibolites) (б) rocks (the area of lakes Ynyshko–Bolshoy Tatkul) and the bottom of an excavator trench north of the village of Urazbaevo with rounded clastoliths of gabbroamphibolites in metamorphosed and dislocated serpentinite mélangé (в).

а: 1 – enstatite-anthophyllite rock; 2 – gabbroamphibolites; 3 – weathered gabbroamphibolites; 4 – inclusions of corundum-bearing garnet clinzoisite and zoisite anorthite gabbroamphibolites; 5 – loose biotite-gedrite-cummingtonite crystal shist with garnet, staurolite and kyanite; 6 – thin interlayers of graphite quartzites; 7 – sampling area and sample number; 8 – grass-covered areas; 9 – soil.

в: 1 – talc-tremolite-anthophyllite rock; 2 – vermiculite rock; 3 – apoultramafic chlorite shist with traces of graphite; 4 – inclusions of corundum-bearing garnet-clinzoisite and garnet-zoisite-anorthite gabbro-amphibolites; 5 – loose biotite-gedrite-cummingtonite crystal shist with garnet, staurolite and kyanite; 6 – thin interlayers of graphite quartzites; 7 – inclusion of diopside-cummingtonite-chermakite crystal shist with rutile; 8 – sampling location and sample number of garnet gabbro-amphibolite.

ные выработки (рис. 10) отчетливо показали бескорневой характер этих блоков и их хаотическое размещение. Под воздействием гранитов в отдельных блоках метагипербазитов возникли зоны асбестизации (Месторождения..., 1976), имеющие промышленное значение. Как и на Миассовском и Уразбаевском участках, серпентинизация метагипербазитов здесь практически не проявлена.

Очевидной является аналогия в строении Ишкульского и Савелькульского участков. Здесь обнажается меланж, представленный скоплениями глыб и блоков метаморфизованных гипербазитов с включениями хаотических изометричных или линзовидных тел базитов (пироксенитов, габбро, горнблендитов, габбро-амфиболитов). На Ишкульском участке меланж заметно метаморфизован,

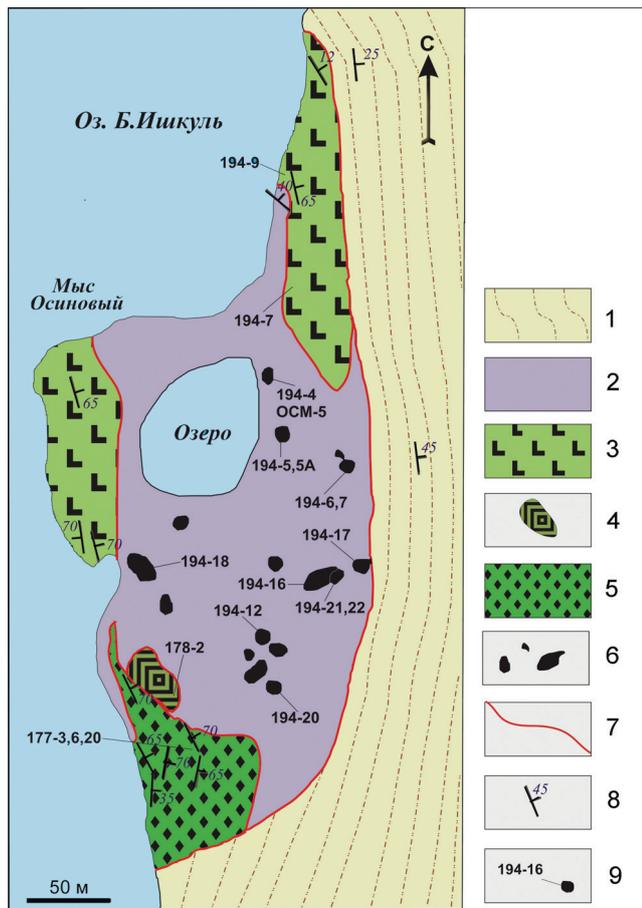


Рис. 7. Геологическая схема территории Осинового мыса на оз. Большой Ишкуль (составлена В.Г. Кориневским и Е.В. Кориневским, 2003–2005 гг.).

1 – гнейсы селянкинской толщи; 2 – серпентинизированный матрикс меланжа; 3 – крупные олистокласты толщи чередующихся амфиболитов и горнблендитов; 4 – олистокласт порфиридных вебстеритов; 5 – крупный олистокласт полосчатого комплекса горнблендитов, пироксенитов, габбро и вебстеритов; 6 – глыбы-включения в матриксе меланжа; 7 – тектонические границы; 8 – элементы залегания полосчатости и плитчатости; 9 – места отбора проб и их номера.

Fig. 7. Geological scheme of the territory of Osinovy Cape in Lake Bolshoy Ishkul (composed by V.G. Korinevsky and E.V. Korinevsky, 2003–2005).

1 – gneisses of the Selyankino Sequence; 2 – serpentinitized matrix of mélangé; 3 – large olistoclasts of a sequence of alternating amphibolites and hornblendites; 4 – olistoclasts of porphyritic websterites; 5 – large olistoclasts of a banded complex of hornblendites, pyroxenites, gabbro, and websterites; 6 – blocks-inclusions in mélangé matrix; 7 – tectonic boundaries; 8 – bedding elements of banding and jointing; 9 – sampling areas and sample numbers.



Рис. 8. Овальная глыба горнблендита среди серпентинитовой матрицы меланжа на Осиновом мысу, восточное побережье оз. Бол. Ишкуль.

Фото стенки шурфа.

Fig. 8. Oval hornblende block in serpentine matrix of mélangé at the Osinovy Cape, eastern coast of Lake Bolshoy Ishkul.

Photo of the pit wall.

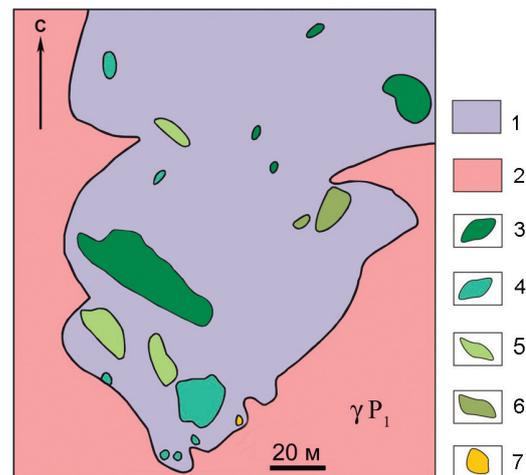


Рис. 9. Геологическая схема Савелькульского участка (составлена В.Г. Кориневским и Е.В. Кориневским, 2001 г.).

1 – оливин-энстатит-тремолит-антофиллитовые метатипербазиты (метаморфизованный серпентинитовый меланж); 2–6 – блоки гранат-диопсидовых (2), безгранатовых диопсидовых (3), клинозоиситовых (4), меланократовых хлоритизированных (5) и шпинель-фассаитовых (6) габбро-амфиболитов в метаморфизованном меланже; 7 – биотитовые граниты.

Fig. 9. Geological scheme of the Savelkul area (composed by V.G. Korinevsky and E.V. Korinevsky, 2001).

1 – olivine-enstatite-tremolite-anthophyllite metaultramafic rocks (metamorphosed serpentine mélangé); 2 – 6 – blocks of garnet-diopside (2), garnet-free diopside (3), clinzoisite (4), melanocratic chloritized (5), and spinel-fassaite (6) gabbro-amphibolites in metamorphosed mélangé; 7 – biotite granites.

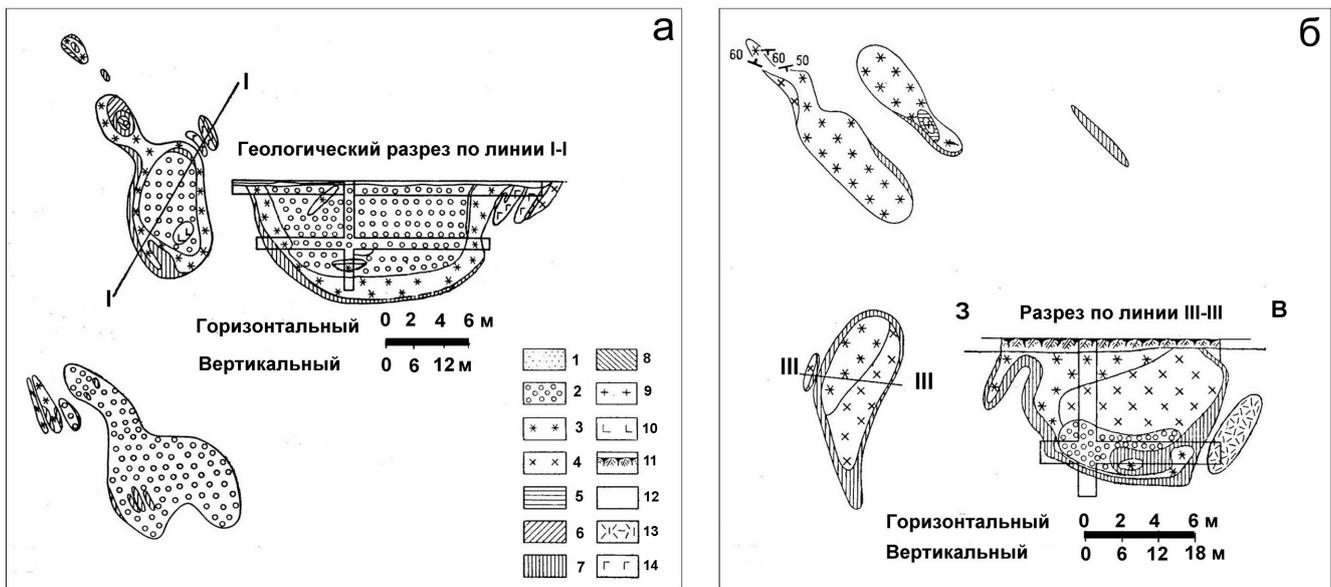


Рис. 10. Геологические разрезы через мелкие асбестоносные тела метагипербазитов Савелькульского месторождения (Месторождения..., 1976).

1–8 – измененные породы: 1 – пироксеновые, 2 – асбестизированные пироксеновые и пироксен-антофиллитовые, 3 – асбестизированные тремолит-антофиллитовые, 4 – тремолитовые, 5 – тальковые, 6 – хлоритовые, 7 – вермикулитовые, 8 – биотитовые; 9 – граниты; 10 – жильный кварц; 11 – почвенно-растительный слой; 12 – гранитогнейсы, кварциты, инъецированные гранитами, пегматитами, кварцевыми жилами; 13 – биотитовые гнейсы и кварциты с инъециями гранитов; 14 – амфиболиты.

Fig. 10. Geological sections through the small asbestos-bearing bodies of metaultramafic rocks of the Savelkul deposit (Deposits..., 1976).

1–8 – altered rocks: 1 – pyroxene, 2 – asbestosized pyroxene and pyroxene-anthophyllite, 3 – asbestosized tremolite-anthophyllite, 4 – tremolite, 5 – talc, 6 – chlorite, 7 – vermiculite, 8 – biotite; 9 – granites, 10 – vein quartz; 11 – soil; 12 – granite gneisses and quartzites intruded by granites, pegmatites, quartz veins; 13 – biotite gneisses and quartzites with granite injections; 14 – amphibolites.

а у оз. Савелькуль серпентинизация проявлена очень слабо.

По нашему мнению, известный Няшевский серпентинитовый массив тоже представляет собой крупный выход (пластину) меланжа, подобный по строению Ишкульскому. По опубликованным данным (Кораблёв, Крайнев, 2007) в строении Няшевского массива участвуют сильно серпентинизированные породы, в которых располагаются реликты верлитов, дунитов, вебстеритов, лерцолитов, клинопироксенитов, сохраняющиеся в виде «ядер» поперечником 0.5–1 м и занимающих до 5 % площади массива. Аподунитовые породы распространены преимущественно в центральной части массива, а апоперидотитовые – в краевых частях. В западной части массива протягиваются выходы преобладающих здесь пироксен-амфиболовых анортитовых габбро в виде меридиональной полосы шириной до 100 м. В шлифах из коллекции Г.Г. Кораблёва нами встречено большинство разновидностей пород, ко-

торые наблюдаются и в составе глыб в серпентинитовом меланже Ишкульского участка (рис. 11).

Описанные соотношения пород для рассмотренных участков Ильменогорского комплекса (сайтовская серия) можно объяснить лишь наличием здесь древнего метаморфизованного микститового комплекса, подобного палеозойским и мезозойским олистостромам складчатых областей. Этот комплекс мы предложили выделить в качестве уразбаевской олистостромы (Е. Кориневский, 2013). Ее фрагменты обнажены и в карьере Тайгинского месторождения графита. В западном борту карьера на всем его протяжении (3 км) в пределах единого горизонта биотитовых гнейсов наблюдались многочисленные обломки метагипербазитов и амфиболитов размером от первых сантиметров до 2–3 м (рис. 12а). Приуроченность округлых и линзовидных обломков к одному выдержанному на протяжении 3 км горизонту гнейсов противоречит предположению об их тектонической природе,

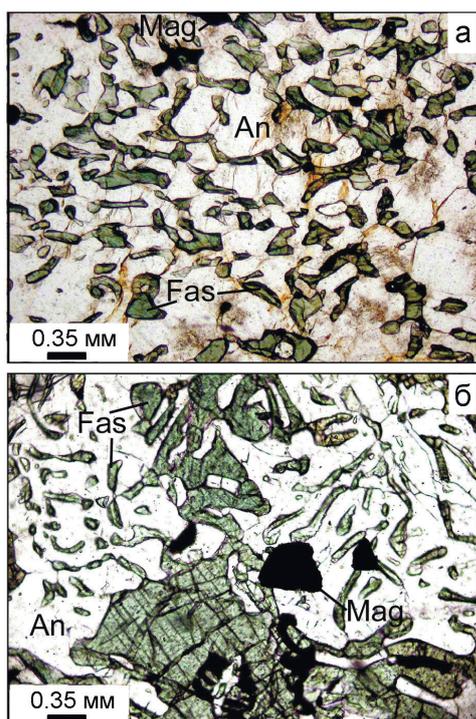


Рис. 11. Сходство структур магнетит-фассаитовых анортитовых габбро из глыб в серпентинитовом меланже Ишкульского участка (а) и Демидовской копи в Няшевском массиве (б).

Fas – фассаит, An – анортит, Mag – магнетит. Шлифы, проходящий свет, николи параллельны.

Fig. 11. Similar textures of magnetite-fassaite anorthite gabbro from blocks in serpentinite melange of the Ishkul area (a) and Demidov pit in the Nyashevsky massif (b).

Fas – fassaite, An – anorthite, Mag – magnetite. Thin sections, transmitted light, parallel nicols.

тем более, что в этом горизонте отсутствуют следы катаклаза и милонитизации. Они имеют резкие границы с окружающей породой, а полосчатость последней обтекает включения. Таким образом, в карьере Тайгинского месторождения видно то, что с большим трудом удастся распознать в Ильменах. Включения метагипербазитов в гнейсах Тайгинского месторождения известны многим, но традиционно считались будинированными частями единых пластовых тел. Присутствие в одной пачке гнейсов, отличающихся по минеральному составу, размерам и морфологии (уплощенные, шаровидные, дисковидные) включений метагипербазитов, сменяющихся по простиранию глыбками амфиболитов противоречит предположению о наличии здесь будинированных частей единого прежде пластового тела гипербазитов.

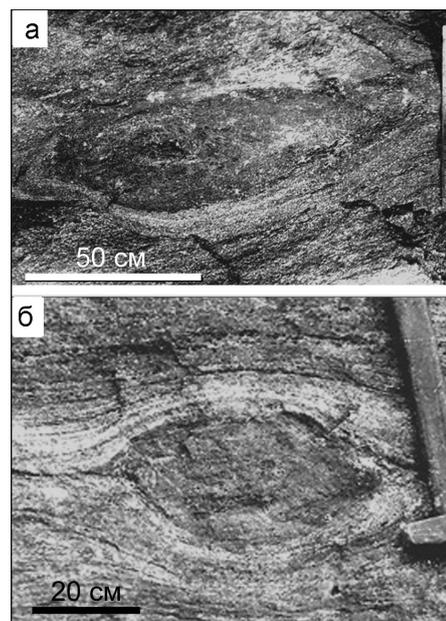


Рис. 12. Чужеродные включения (валуны) в метаморфизованных осадочных породах Южного Урала:

а – изолированный валун эклогита в кварцитах Максютювского комплекса, левый берег р. Сакмары в 1.5 км ниже по течению от развалин дер. Караяново; б – включение овального обломка метагипербазита в гранат-биотитовом гнейсе из западного борта карьера Тайгинского месторождения графита. Полосчатость кварцитов и гнейсов согласно обтекает включения.

Fig. 12. Alien inclusions (boulders) in metamorphosed sedimentary rocks of the South Urals:

а – eclogite boulder in quartzites of the Maksyutovo complex, left bank of the Sakmara River 1.5 km downstream from the ruins of the village of Karayanovo; б – inclusion of an oval fragment of metaultramafic rock in garnet-biotite gneiss from the western wall of the pit of the Taiginka graphite deposit. Banding of quartzites and gneisses concordantly envelopes the inclusions.

Мы полагаем, что подобные метаморфизованные микститовые комплексы имеют место и в Максютювском комплексе на р. Сакмаре (рис. 12б), в Мугоджарском антиклинории в казахстанской части Урала (рис. 13), возможны они и в Уфалейском комплексе. Под олистостромами мы понимаем хаотические, иногда стратифицированные, скопления обломков пород различного происхождения, заключенные в осадочных отложениях. Они образуются в результате переноса обломочного материала подводными грязекаменными потоками и турбидитными течениями, возникшего перед фронтом движущихся тектонических покровов, у основания береговых обрывов при их обрушениях в результате сейсмодвижений. Эта смесь разновеликих глыб и обломков захороняется на дне бассейнов в

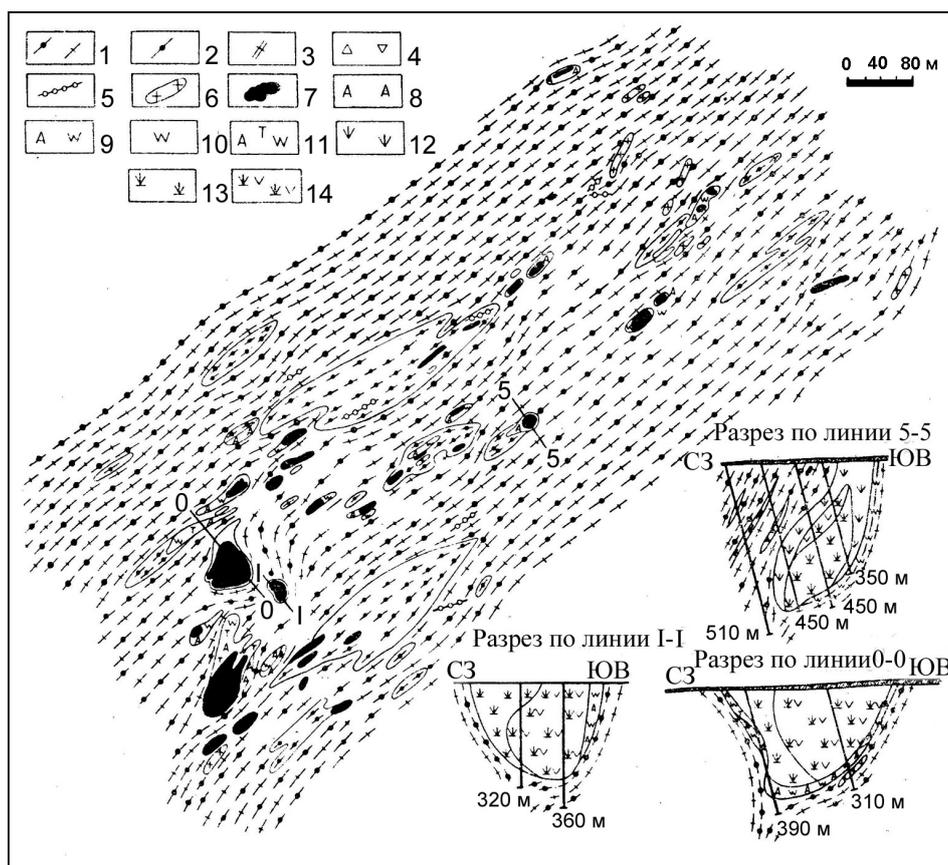


Рис. 13. Геологическая карта и разрезы Китарсайского месторождения антофиллит-асбеста в Мугоджарах (Бурд и др., 1976).

1 – амфибол-биотитовые гнейсы; 2 – амфиболиты; 3 – аплитогнейсы и гранитогнейсы; 4 – тектонические брекчи; 5 – кварцевые жилы; 6 – пегматиты; 7 – асбестоносные тела; 8 – актинолитовые породы; 9 – актинолит-вермикулитовые породы; 10 – вермикулитовые породы; 11 – тальк-актинолит-вермикулитовые породы; 12 – тальк-антофиллитовые породы; 13 – карбонат-тальк-антофиллитовые породы; 14 – карбонат-тальк-антофиллитовые породы с реликтами серпентинита.

Fig. 13. Geological map and cross-sections of the Kitarsay deposit of anthophyllite-asbestos in Mugodzhar (Burd et al., 1976).

1 – amphibole-biotite gneisses; 2 – amphibolites; 3 – aplite gneisses and granite gneisses; 4 – tectonic breccias; 5 – quartz veins; 6 – pegmatites; 7 – asbestos-bearing bodies; 8 – actinolite rocks; 9 – actinolite-vermiculite rocks; 10 – vermiculite rocks; 11 – talc-actinolite-vermiculite rocks; 12 – talc-anthophyllite rocks; 13 – carbonate-talc-anthophyllite rocks; 14 – carbonate-talc-anthophyllite rocks with relics of serpentinite.

отлагающихся там осадках, образуя среди них линзообразные скопления и пластовые выклинивающиеся тела. Образование таких грубообломочных толщ наиболее часто происходило в эпохи рифтогенеза, а их метаморфизм – в процессе коллизии складчатых областей. При рифтогенезе, как и при перемещении тектонических покровов в процессе надвигов, в стенках рифтов обнажаются древние породы, пластины меланжей, которые обрушаются и захороняются на дне рифтогенных бассейнов.

В меланжевых комплексах складчатых поясов в глыбовом субстрате («анкарская смесь») часто соседствуют блоки серпентинизированных гипер-

базитов и глыбы других пород. Прежде такие породы нередко считали ксенолитами в интрузивных телах гипербазитов. По мнению А.Л. Книппера гипербазиты интрузивного происхождения никогда не содержат включений инородных пород. В нашем случае мы имеем дело с метаморфизованным меланжем, где гипербазиты превращены в оливин-энстатит-тальк-тремолит-антофиллитовые породы, а базиты и осадки – в амфиболиты. Источником чужеродных глыб в составе Уразбаевской олистостромы и послужили разрушавшиеся части пластин метаморфизованного серпентинитового меланжа. Таким образом, уразбаевская олистостро-

ма – это микститовый комплекс, где в относительно слабо метаморфизованной апоосадочной матрице (кварциты, кристаллосланцы) заключены фрагменты (блоки) более сильно метаморфизованного серпентинитового меланжа.

Революционная мысль о необходимости выделения на Урале особого (олистолитового) типа гипербазитов принадлежит Т.Г. Павловой (1982). Она нашла свое подтверждение в других регионах. Наиболее доказательно олистостромовая природа базит-гипербазитовых тел в прибрежной полосе Байкала (ольхонская серия нижнего протерозоя) описана Н.А. Божко (1975). Эти тела залегают в виде аллохтонных пластин, олистоплак, блоков и обломков, линзовидных протрузий. Вещество протрузий (серпентиниты с включениями) имеет древний возраст, оно пластично и механически выжимается вдоль разломов при тектонических импульсах каждый раз во все более молодые отложения. Они имеют бескорневой характер. Тела габброидов размером от 10 до 80 м в диаметре облекаются сланцеватостью мраморов, гнейсов и амфиболитов. Высокотемпературные изменения вмещающих пород в экзоконтактовой зоне габброидов отсутствуют. «Поступление офиолитового материала в твердом виде происходило одновременно с формированием вулканогенно-осадочной толщи, видимо, в результате подводного гравитационного соскальзывания пластин океанической коры с поднятий» (Божко, 1975, с. 424). Впоследствии вмещающие осадки с захороненными офиолитовыми телами были метаморфизованы и деформированы. Как нам представляется, механизм образования подобных олистостром, предложенный Н.А. Божко, может быть применен и к уразбаевской олистостроме.

Нередко реликты обломочного строения в метаморфических толщах объясняются процессами катаклаза, раздавливания и перемещения различных глубинных пород (тектонические микститы) при формировании мощных зон бластомилонитов (Русин, 1996; 2004). Для их отличия от глыб в олистостромах полезными представляются критерии, сформулированные В.И. Сизых (2001). На примере Татауровского бластомеланжа в бассейне р. Селенги (Забайкалье) показано, что для пород из крупных обломков в нем характерна высокая степень метаморфизма, катаклаз, вытянутость обломков, четко проявленный кливаж, наличие многочисленных поверхностей скольжения. Породы рассланцованы, часто валуны завальцованы и превращены в будины и линзы с ориентировкой длинных осей

параллельно сланцеватости, сплющены и милонитизированы. Цементирующий обломочный материал того же состава, что и крупные обломки, представляет собой, по сути дела, катаклазит. Заметим, что для уразбаевских микститов и пород Китарсайского участка Восточно-Мугоджарского антиклинория, судя по данным (Бурд и др., 1976; Е. Кориневский, 2013), подобные структуры, описанные В.И. Сизых для тектонических микститов, не характерны.

Применение механизма выноса фрагментов глубинных пород в верхние горизонты разреза Ильменогорского комплекса (кварцитовые толщи) путем сдвиговых дислокаций, осуществляющихся в региональных зонах бластомилонитов (Русин, 2004), в свете критериев (Сизых, 2001), вряд ли возможно. Во-первых, толщи кварцитов во многих случаях сохранили первичную полосчатость; они содержат в виде примесей обломки зерен граната, полевых шпатов, апатита и циркона, приуроченных к отдельным горизонтам (В. Кориневский и др., 2015а). Повсеместного проявления процессов катаклаза и милонитизации эти породы не обнаруживают. Как показали горные выработки (рис. 6), полосчатость кварцитов согласно облекает глыбы гипербазитов и базитов. Во-вторых, сами глыбы-включения глубинных пород в большинстве своем обладают массивными текстурами, кристаллизационная сланцеватость в них проявлена редко (даже в амфиболитах). Структура этих пород неравномернозернистая, нередко габбровая, офитовая, пойкилитовая. Между минералами сохраняются первичные взаимоотношения, они имеют признаки синхронного роста, а вторичные минералы по ним практически не развиваются. Характерен основной состав плагиоклазов (вплоть до чистого анортита). Наблюдались многочисленные случаи графических синтаксических прорастаний минералов, характерных для магматических пород. Все эти особенности структур и текстур пород при процессах бластомилонитизации обычно не сохраняются. В-третьих, явления кливажа, катаклаза и др., характерных для тектонических микститов, в этих породах не фиксируются. В-четвертых, судя по минеральным барометрам (В. Кориневский, Е. Кориневский, 2006), метаморфизм вмещающих кварцито-гнейсовых толщ сайтовской серии был относительно низкобарическим (около 2 кбар), тогда как в зонах региональных бластомилонитов он должен быть высокобарическим. Следовательно, имеющиеся на сегодня данные говорят об олистостромовой

природе толщи метаморфизованных микститов в Ильменогорском комплексе. Выделение в составе Ильменогорского метаморфического комплекса микститовой (олистоостромовой) формации – наиболее важная геологическая идея за последние 30 лет, заставляющая по-новому взглянуть на геологическую историю региона. Формирование уразбаевской олистоостромы происходило в позд-непалеозойское время в этапы сжатия, рифтогенеза, сползания тектонических пластин в морские бассейны. Это время формирования сдвиговых зон бластомилонитов (Русин, 2004, Русин и др., 2012).

Новые горные породы и минералы

Хорошая сохранность большинства минералов в глыбах пород из олистолитов в меланже и слабое проявление метасоматических изменений в них дали возможность произвести петрографическое изучение пород, определить химический состав и физические свойства минералов. Этому способствовало применение различных видов анализа и, особенно, исследования на сканирующем электронном микроскопе с энергодисперсионной приставкой. Было выявлено около 30 новых для Ильменских гор, частью и для Урала, разновидностей горных пород, почти столько же видов и разновидностей минералов (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Новые горные породы и минералы Ильменогорского комплекса

New rocks and minerals of the Ilmenogorsky complex

| Горные породы | Минералы |
|---|-------------------------------------|
| Габбро анортитовые: | Бариевый флогопит** |
| Фассаитовые* | Бариевый биотит** |
| Гранат-клиноцоизит-фассаитовые** | Гиалофан** |
| Биотит-амфиболовые** | Цельзиан** |
| Амфиболовые* | Калиймагнезиогастингсит*** |
| Геденбергитовые*** | Манганильменит* |
| Эпидот-биотит-амфиболовые** | Шриланкит** |
| Цоизитовые* | |
| Горнблендиты анортитовые: | Пикроильменит* |
| Фассаитовые* | Маухерит* |
| Рутил-шпинелевые* | Троилит* |
| Гранат-апатит-шпинелевые* | Ванадистый фторпаргасит* |
| Шпинель-гранат-корундовые* | Благородная шпинель* |
| Шпинель-энстатитовые* | Хромистый гроссуляр*(уваровит) |
| Сапфирин-шпинелевые** | Хлористый плюмбонакрит** |
| Оливиновые* | Цинковистый плеонаст* |
| Пироксениты: | Паргасит s.s.* |
| Диопсидовые* | Геденбергит* |
| Шпинелевые* | Дравит* |
| Амфиболовые вебстериты* | Жедрит* |
| Габбро-амфиболиты анортитовые: | Магнезит* |
| Цоизитовые* | Спессартин-андрадит** |
| Клиноцоизитовые* | Магнезиохёгбомит* |
| Корундсодержащие* | Клинтонит* |
| Гранат-диопсидовые* | Чермакит* |
| Двуамфиболовые* | Глёт* |
| Магматические скаполитовые породы: | Магнезиохёгбомит* |
| Скаполитовый гранит** | Самородное железо* |
| Скаполитовое диопсидовое габбро** | Самородное свинцовистое олово** |
| Скаполитовый диопсидовый пироксенит** | Самородный оловянистый свинец** |
| Диопсид-кварц-скаполитовый пегматит** | Хлористый плюмбонакрит** |
| Диопсид-амфибол-скаполитовые слюдиты** | Стистаит свинцовистый* |
| Монциты кварцевые* | Стистаит мышьяковисто-свинцовистый* |
| Железо-титановое силикатное стекло** | Природная бронза*** |
| | Фассаит* |

Примечание. * – впервые найденные в Ильменах, ** – на Урале, *** – и, вероятно, в мире.

Note. * – found for the first time in Ilmeny, ** – Urals, *** – and, possibly, world.

Горные породы

Среди новых для Ильменских гор горных пород наибольшим разнообразием отличаются горнблендиты и габброиды (табл. 1, 2). Их характерной чертой является сохранность магматических структур, повсеместное присутствие анортита, нередко повышенные содержания РЗЭ (В. Кориневский, Е. Кориневский, 2019). Специфические сапфирин-шпинелевые горнблендиты (рис. 14г) как представители глубинных магматических пород нигде более на Урале не известны (В. Кориневский и др., 2017).

Среди габброидов следует отметить биотит-амфиболовую разновидность, в которой породообразующим минералом является новый вид амфиболов (калиймагнезиогастингсит; В. Кориневский, Е. Кориневский, 2006а), а биотит является бариевым, который в России в габбро встречен впервые (рис. 15в; В. Кориневский, Е. Кориневский, 2006б). Редким видом является цоизитовое габбро (рис. 15з), в котором содержится наибольшее количество РЗЭ. Нигде не описано геденбергитовое анортитовое габбро (В. Кориневский и др., 2007; рис. 15г), а также габбро, в котором эпидот является первично магматическим минералом (В. Кориневский, 2008а). Примерами необычных для Ильменогорского комплекса пород также могут служить порфириовидные вебстериты (рис. 16а), энстатитовые горнблендиты (рис. 16б), хёгбомитсодержащие клинопироксениты (рис. 16в).

Новым является обнаружение магматических скаполитовых пород (В. Кориневский, 2012б), которыми сложена серия сближенных даек, прорывающих кальцит-доломитовые карбонатиты в копи 287 (рис. 17). Это – габбро, граниты, слюдиты и диоксид-кварцевые пегматиты.

После Вороних тундр на Кольском полуострове в Ильменских горах в кристаллосланцах саитовской толщи выявлено сонахождение уникальной ассоциации четырех амфиболов: чермакита, жедрита, антофиллита и куммингтонита (Кориневский, Чурин, 2000).

Минералы

Во время изучения минералов были проанализированы (В. Кориневский, 2000а; 2000б; В. Кориневский и др., 2000; В. Кориневский, Е. Кориневский, 2002) многие известные минералы, данные о химическом составе ранее не приводились

(Кобяшев и др., 2000; Кобяшев, Никандров, 2007). К числу новых для Урала минералов, обнаруженных в породах из глыб в олистостроме и в серпентинитовом меланже, отметим бариевые биотит и флогопит (В. Кориневский, Е. Кориневский, 2006б), гиалофан и цельзиан (В. Кориневский, 2004), шриланкит (Кориневский, Блинов, 2016), спессартинандрадит (Korinevsky, 2016). В микросферулах из карбонатитов и песка гранитов установлены самородное железо, самородное свинцовистое олово, самородный оловянистый свинец, стистаит свинцовистый, стистаит мышьяковисто-свинцовистый, природная оловянная бронза.

Первые находки микросферул самородных металлов

За последние 50 лет микросферулы самородных металлов обнаружены в магматических породах разного состава (Округин и др., 1981; Новгородова, 1983; Лукин, 2013). Исключением до недавнего времени были карбонатиты. Наиболее распространены микросферы самородного железа и продуктов его окисления. Более редки находки самородных свинца, олова и сурьмы. Они не были известны и в Ильменогорском комплексе. Эти шаровидные образования встречены нами в протолочках из кальцит-доломитовых карбонатитов Ильменских гор и продуктах разрушения биотитовых гранитов.

Микросферулы из кальцит-доломитовых карбонатитов

Из протопочки одного из штуфов кальцит-доломитового карбонатита копи № 287, а также из кальцитовых карбонатитов Мраморного мыса в 3 км южнее на берегу оз. Миассово были выделены многочисленные сферулы самородного железа и продуктов его окисления (рис. 19). При растворении некоторых образцов в разбавленной соляной кислоте обнаружены железные шарики (В. Кориневский и др., 2018а). Состав сферул преимущественно железистый с небольшой примесью марганца. Их поперечник не превышает 1 мм. Форма сферическая или слегка вытянутая, иногда полая внутри (рис. 20). Поверхность микросферул гладкая блестящая, реже – матовая, иногда струйчатая в корке. Внутреннее строение шариков скорлуповато-зональное, с пустотами в центре. Характерно наличие дендритовых и шестоватых кристаллов,

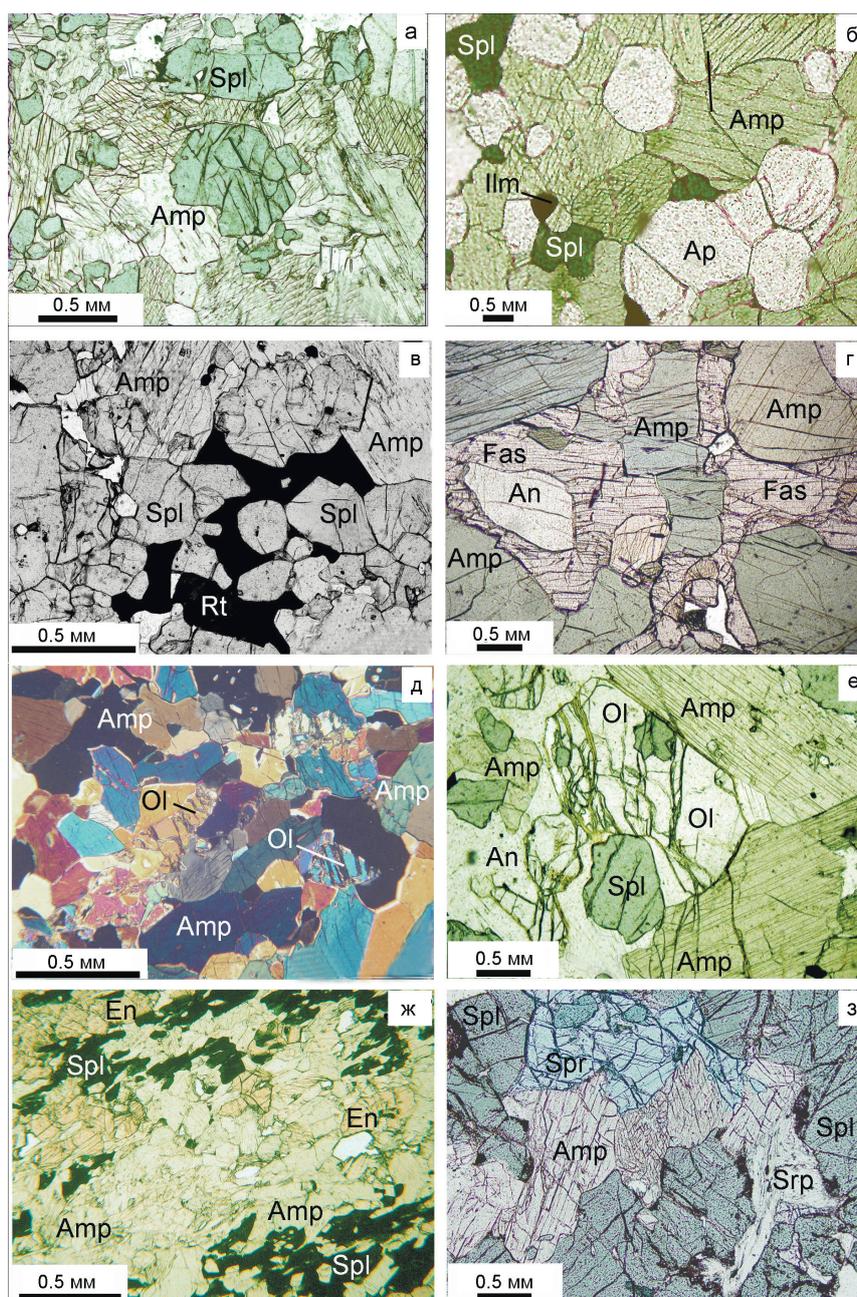


Рис. 14. Разновидности горнблендитов из глыб в серпентинитовом меланже:

а – шпинелевый; б – апатит-шпинелевый; в – рутил-шпинелевый; г – анортит-фассаитовый; д – оливинсодержащий; е – анортит-оливин-шпинелевый; ж – шпинель-энстатитовый; з – сапфирин-шпинелевый.

Ilm – ильменит, Spl – шпинель, Amp – амфибол, Ap – апатит, Rt – рутил, Ol – оливин, En – энстатит, Spr – сапфирин, Srp – серпентин. Здесь и на рис. 15 и 16, фото шлифов.

Fig. 14. Varieties of hornblendites from blocks in serpentinite mélangé:

а – spinel; б – apatite-spinel; в – rutile-spinel; г – anorthite-fassaite; д – olivine-bearing; е – anorthite-olivine-spinel; ж – spinel-enstatite; з – sapphirine-spinel.

Ilm – ilmenite, Spl – spinel, Amp – amphibole, Ap – apatite, Rt – rutile, Ol – olivine, En – enstatite, Spr – sapphirine, Srp – serpentine. Here and Figs. 15 and 16, photo of thin sections.

их плотная упаковка. В одном случае обнаружена колбообразная микросфера силикатного стекла (рис. 21). Энергодисперсионные спектры внутренних поверхностей некоторых полых микросфер

показывают присутствие в железной матрице необычной для карбонатов ассоциации компонентов: Pt, Ni, Cu, Zn, Cl, SO₃, Ca. Отсутствие в составе микросферул Ni-фаз и присутствие Cl и S отличает

Таблица 2
Table 2Химический состав (мас. %) новых магматических пород Ильменских гор
Chemical composition (wt. %) of new rocks of the Ilmeny Mountains

| Компонент | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO ₂ | 39.08 | 37.47 | 38.15 | 47.52 | 46.22 | 45.75 | 47.28 | 27.30 | 31.84 | 29.11 | 42.10 | 33.68 | 52.13 | 39.03 | 54.33 |
| TiO ₂ | 0.56 | 1.34 | 0.83 | 0.26 | 0.26 | 0.72 | 0.14 | 0.14 | 2.58 | 2.19 | – | 0.75 | 0.09 | 0.03 | 0.06 |
| Al ₂ O ₃ | 21.88 | 26.91 | 24.40 | 13.57 | 22.66 | 22.98 | 11.44 | 29.11 | 23.72 | 28.55 | 16.42 | 19.80 | 1.85 | 12.43 | 1.42 |
| Fe ₂ O ₃ | 7.05 | 5.77 | 7.90 | 1.16 | 1.56 | 3.99 | 3.65 | 4.46 | 8.01 | 6.43 | 6.12 | 6.40 | 0.72 | 6.46 | 0.70 |
| FeO | 2.85 | 3.16 | 3.36 | 5.86 | 5.98 | 5.46 | 5.45 | 3.05 | 7.20 | 9.95 | 4.30 | 4.32 | 3.01 | 2.33 | 4.13 |
| MnO | 0.07 | 0.21 | 0.22 | 0.15 | 0.15 | 0.16 | 0.19 | 0.09 | 0.41 | 0.29 | 0.21 | 0.10 | 0.11 | 0.13 | 0.13 |
| MgO | 4.93 | 4.02 | 4.97 | 14.92 | 2.12 | 3.68 | 15.34 | 20.20 | 11.19 | 10.89 | 18.10 | 22.75 | 16.63 | 19.86 | 27.15 |
| CaO | 20.21 | 19.46 | 15.64 | 12.21 | 19.40 | 10.40 | 12.03 | 10.40 | 11.30 | 8.60 | 10.38 | 7.61 | 22.77 | 16.95 | 10.48 |
| Na ₂ O | 0.58 | 0.16 | 0.64 | 1.50 | 1.10 | 2.91 | 1.94 | 1.44 | 0.76 | 2.05 | 0.74 | 1.32 | 0.40 | 0.18 | 0.32 |
| K ₂ O | 0.23 | 0.07 | 1.91 | 0.64 | 0.07 | 2.10 | 0.44 | 0.23 | 0.87 | 0.70 | 0.06 | 0.21 | 0.12 | 0.09 | 0.04 |
| H ₂ O ⁺ | 0.20 | 0.22 | 1.14 | 1.68 | – | 0.48 | 1.62 | 0.56 | 0.14 | 0.76 | 1.20 | 2.42 | – | 0.57 | 0.40 |
| H ₂ O ⁻ | 0.22 | 0.13 | – | 0.16 | – | 0.26 | 0.06 | – | – | 0.11 | – | – | 0.26 | 0.12 | 0.21 |
| P ₂ O ₅ | 1.43 | 0.42 | 0.34 | 0.10 | 0.18 | 0.20 | – | 0.51 | 1.36 | 0.28 | 0.08 | 0.59 | 0.59 | 0.05 | 0.05 |
| CO ₂ | – | – | – | < | – | < 0.10 | – | – | – | 0.40 | – | – | 0.34 | 1.73 | 0.11 |
| Сумма | 99.29 | 99.34 | 99.50 | 99.73 | 99.70 | 99.29 | 99.58 | 99.45 | 99.78 | 100.19 | 99.71 | 99.96 | 99.02 | 99.96 | 99.53 |

| Компонент | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
|--------------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|
| SiO ₂ | 39.19 | 39.12 | 35.11 | 34.50 | 47.51 | 70.51 | 54.99 | 51.24 | 42.35 | 70.73 | 63.95 | 16.69 |
| TiO ₂ | 2.06 | 1.12 | 1.20 | 2.24 | 0.24 | 0.11 | – | – | 1.25 | < 0.05 | 0.96 | 36.63 |
| Al ₂ O ₃ | 27.73 | 24.09 | 28.15 | 23.23 | 15.17 | 14.19 | 10.64 | 4.89 | 11.24 | 14.21 | 15.27 | 4.75 |
| Fe ₂ O ₃ | 1.81 | 3.45 | 3.83 | 6.63 | 0.82 | 0.36 | 1.89 | 1.91 | 2.81 | 0.30 | 1.67 | – |
| FeO | 5.37 | 5.26 | 6.82 | 8.08 | 3.27 | 0.75 | 5.10 | 7.90 | 5.56 | 0.63 | 4.67 | 15.51 |
| MnO | 0.37 | 0.24 | 0.18 | 0.38 | 0.10 | 0.07 | 0.64 | 0.95 | 0.23 | 0.04 | 0.11 | 9.71 |
| MgO | 6.43 | 5.25 | 5.75 | 10.00 | 15.20 | 0.94 | 6.16 | 10.09 | 17.55 | 0.16 | 1.62 | 2.15 |
| CaO | 13.39 | 18.536 | 13.99 | 11.90 | 14.30 | 8.88 | 16.71 | 20.97 | 9.64 | 7.95 | 1.86 | 6.66 |
| Na ₂ O | 1.30 | 0.78 | 1.45 | 1.04 | 0.90 | 2.40 | 2.26 | 1.40 | 0.56 | 3.40 | 2.38 | 0.15 |
| K ₂ O | 0.30 | 0.82 | 0.50 | 0.74 | 0.13 | 0.37 | 0.31 | 0.10 | 6.00 | 0.62 | 6.20 | 1.36 |
| H ₂ O ⁺ | 1.12 | 0.90 | 1.00 | 0.11 | 1.55 | 0.52 | 0.46 | 0.24 | 1.34 | 0.24 | 0.50 | – |
| H ₂ O ⁻ | 0.20 | 0.20 | 0.23 | 0.10 | 0.14 | 0.20 | 0.28 | 0.26 | 0.24 | 0.12 | 0.24 | – |
| P ₂ O ₅ | 0.10 | 0.30 | 0.38 | 0.18 | 0.07 | 0.12 | – | 0.07 | 0.66 | 0.07 | 0.12 | – |
| CO ₂ расч | – | – | 0.66 | 0.11 | 0.10 | – | – | – | – | 0.70 | – | – |
| SO ₃ | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 0.70 | – | – |
| Сумма | 99.37 | 100.07 | 99.60 | 99.24 | 99.50 | 99.42 | 99.44 | 100.02 | 99.43 | 99.87 | 99.95 | 93.61 |

Примечание. 1 – эпидот-фасситовое аноритовое габбро; 2 – гранат-клиноцоизит-фасситовое аноритовое порфировидное габбро; 3 – биотит-амфиболовое аноритовое габбро офитовой структуры; 4 – амфиболовое аноритовое габбро; 5 – геденбергитовое аноритовое габбро; 6 – эпидот-биотит-амфиболовое аноритовое габбро; 7 – фасситовый горнблендит с аноритом; 8 – рутил-шпинелевый горнблендит; 9 – гранат-апатит-шпинелевый горнблендит с аноритом; 10 – шинель-гранат-корундовый горнблендит с аноритом и биотитом; 11 – шинель-энстагитовый горнблендит; 12 –

клинохлор-шпинель-оливиновый горнблендит; 13 – диопсидит из пластового тела; 14 – шпинелевый диопсидит из прослая среди горнблендитов; 15 – амфиболовый порфиrowидный вебстерит; 16 – цоизит-чермакит-анортитовый габбро-амфиболит со шпинелью, корундом, ильменитом, ставролитом; 17 – клиноцоизит-паргасит-анортитовый габбро-амфиболит; 18 – корунд-гранат-паргасит-анортитовый габбро-амфиболит с цоизитом, шпинелью, ильменитом; 19 – диопсид-гранат-паргасит-анортитовый габбро-амфиболит; 20 – два амфиболовых анортитовых габбро-амфиболитов; 21 – кварц-скаполитовая порода (скаполитовый гранит) из дайки в карбонатитах; 22 – скаполит-пироксеновая порода (скаполитовое габбро); 23 – пироксенит со скаполитом, амфиболом, фторапатитом, титанитом и магнетитом из краевой части сложной дайки в карбонатитах; 24 – титанит-фторапатит-скаполит-пироксеновый биотитовый слюдит из дайки в карбонатитах; 25 – пироксен-кварц-скаполитовый пегматит; 26 – кварцевый монзонит из дайки; 27 – железо-марганец-титан-силикатное стекло из микрофлуор в песке гранитов. Содержание окислов в породах определено силикатным анализом (аналитики М.Н. Малярёнок, Т.В. Семёнова, Ю.Ф. Мельнова, М.С. Свиренко) в лаборатории минералогии техногенеза и геоэкологии ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН.

Note: 1 – epidote-fassaite-anorthite gabbro; 2 – porphyritic garnet-clinozoisite-fassaite-anorthite gabbro; 3 – biotite-amphibole-anorthite gabbro with ophitic structure; 4 – amphibole-anorthite gabbro from a block in serpentinite melange; 5 – hedenbergite-anorthite gabbro; 6 – epidote-biotite-amphibole anorthite gabbro; 7 – fassaite hornblende with anorthite; 8 – rutile-spinel hornblende; 9 – garnet-apatite-spinel hornblende with anorthite; 10 – spinel-garnet-corundum hornblende with anorthite and biotite; 11 – spinel-enstatite hornblende; 12 – clinohlore-spinel-olivine hornblende; 13 – diopsidite from the bed body; 14 – spinel diopsidite from the interlayer among hornblende; 15 – porphyritic amphibole websterite; 16 – corundum-garnet-pargasite-anorthite gabbroamphibolite with zoisite, spinel and ilmenite and staurolite; 17 – clinozoisite-pargasite-anorthite gabbroamphibolite; 18 – corundum-garnet-pargasite-anorthite gabbroamphibolite with zoisite, spinel and ilmenite; 19 – diopside-garnet-pargasite-anorthite gabbroamphibolite; 20 – two-amphibole-anorthite gabbroamphibolite; 21 – quartz-scapolite rock (scapolite granite) from a dike in carbonatites; 22 – scapolite-pyroxene rock (scapolite gabbro); 23 – pyroxenite with scapolite, amphibole, fluorapatite, titanite and magnetite from the edge of a complex dike in carbonatites; 24 – titanite-fluorapatite-scapolite-pyroxene-biotite glimmerite from a dike in carbonatites; 25 – pyroxene-quartz-scapolite pegmatite; 26 – quartz monzonite from a dike; 27 – iron-manganese-titanium-silicate glass from microspherules in granite sand. The oxide contents of rocks is determined by silicate analysis (analysts M.N. Malyarenok, T.V. Semenova, Yu.F. Melnova, and M.S. Svirenko) in Laboratory of Mineralogy of Technogenesis and Geoecology, SU FRC MiG UB RAS.

их от подобных образований космического происхождения. Наряду с редко встречающимися в карбонатитах кристаллами фторапатита и фторфлогопита, форстерита, гранатов, паргасита, саданагаита, ильменита, рутила, диопсида.

Микросферулы из продуктов размыва гранитного массива

Единичные сферические металлические зерна (3–5 на 20 л песка) обнаружены при просмотре тяжелого шлиха пляжного песка побережья оз. Бол. Миассово. Относительно преобладают черные шарики с блестящей поверхностью, редко их сростки преимущественно железистого состава. Более редки зеленовато-серые овальные с округлыми выступами и шероховатой поверхностью зерна Pb-Sn состава, лишь иногда встречаются шарики самородного свинца и железо-марганец-титанистых силикатных стекол.

По химическому составу микросферулы подразделяются на железистые, силикатные, свинцовистые и свинцово-оловянные, которые встречаются совместно в объеме одной пробы весом около 20 кг. Железистые микросферулы имеют форму шариков поперечником от десятых долей до 1–2 мм. Иногда их поверхность усеяна микроскопическими сферами оксидов железа (рис. 23а, б). Структура поверхностных и центральных частей железистых микросфер разнообразна – от дендритовой, полигональной до радиально-лучистой (рис. 22 в–е). Слабо магнитные железистые микросферулы сложены гематитом с небольшой примесью SiO_2 , TiO_2 и MnO , вероятно, заместившего самородное железо. Шарики свинца диаметром около 0.5 мм с поверхности покрыты тонкой пленкой гидроксид-карбоната свинца, которая в отраженном свете имеет слоистую структуру с полосами темно-красного цвета, вероятно, сложенными окисью свинца (глётот). Основной объем шарика по составу близок к редкому минералу плюмбонакриту ($\text{Pb}_3\text{O}(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2$) в котором присутствует заметная (около 3.22 мас. %) примесь Cl . Плюмбонакрит замещает самородный свинец. В центре свинцовых сфер часто наблюдаются скопления очень мелких угловатых зерен кварца, которых нет на периферии сфер (рис. 23г). Свинцово-оловянные микросферулы характеризуются овальной, удлинённой формой с округлыми выступами (рис. 23а). Их поперечник меняется в пределах 0.4–2.4 мм. Строение микросферул Pb-Sn состава однотипное. На СЭМ изобра-

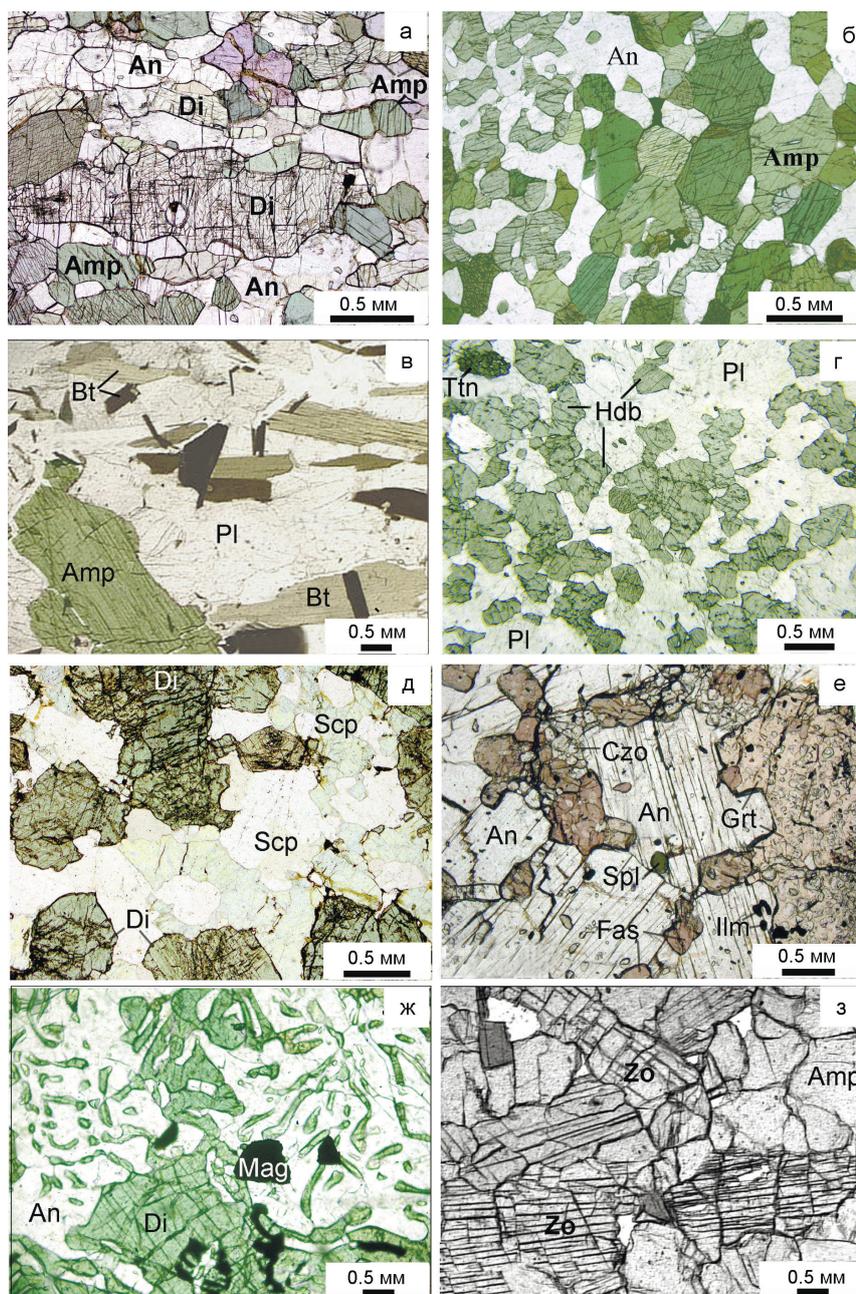


Рис. 15. Разновидности габбро из глыб в серпентинитовом меланже:

а – диопсид-амфибол-анортитовое; б – амфибол-анортитовое; в – биотит-амфибол-анортитовое; г – геденбергит-анортитовое; д – диопсид-скаполитовое; е – фассаит-гранат-клиноцоизит-анортитовое; ж – симплектитовые сростания диопсида и анортита, з – цоизит-амфибол-анортитовое.

Di – диопсид, Bt – биотит, Pl – плагиоклаз, Scp – скаполит, Grt – гранат, Czo – клиноцоизит, Zo – цоизит.

Fig. 15. Varieties of gabbro from blocks in serpentinite mélangé:

а – diopside-amphibole anorthite; б – amphibole-anorthite; в – biotite-amphibole-anorthite; г – hedenbergite-anorthite; д – diopside-scapolite; е – fassaite-garnet-clinozoisite-anorthite; ж – simplectite diopside-anorthite aggregates; з – zoisite-amphibole-anorthite.

Di – diopside, Bt – biotite, Pl – plagioclase, Scp – scapolite, Grt – garnet, Czo – clinozoisite, Zo – zoisite.

жениях поперечных срезов микросферул отчетливо выделяются светлое ядро и темная кайма. Эта картина еще более резко проявлена на фото в отра-

женном свете, где видна призматически-зернистая структура центральной части микросферул, сложенной кристаллами свинцовистого Sn (табл. 3, ан.

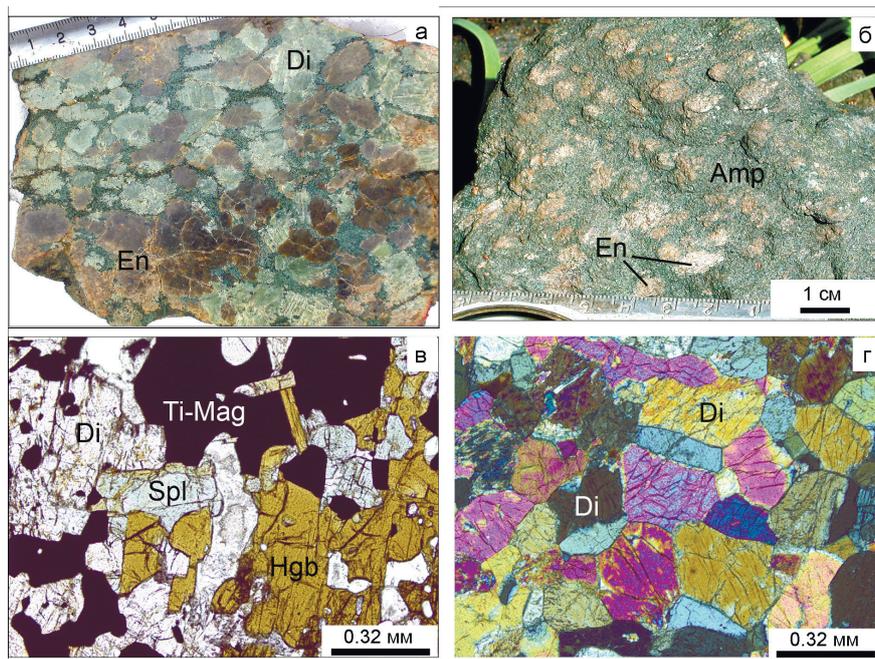


Рис. 16. Экзотические породы из глыб в серпентинитовом меланже:

а – вебстерит с кумулятивной структурой; б – энстатитовый горнблендит; в – хёгбомит-титаномagnetитовый клинопироксенит; г – клинопироксенит.

Фото а, б – полированные штудфы, фото в, г – шлифы, николи скрещены.

Ti-Mag – титаномagnetит, Hgb – хёгбомит.

Fig. 16. Exotic rocks from blocks in serpentinite mélange:

а – websterite with cumulative structure; б – enstatite hornblendite; в – högbomite–titanomagnetite clinopyroxenite; г – clinopyroxenite.

Photos а, б – polished rock samples; photos в, г – thin sections, crossed nicols.

Ti-Mag – titanomagnetite, Hgb – högbomite.

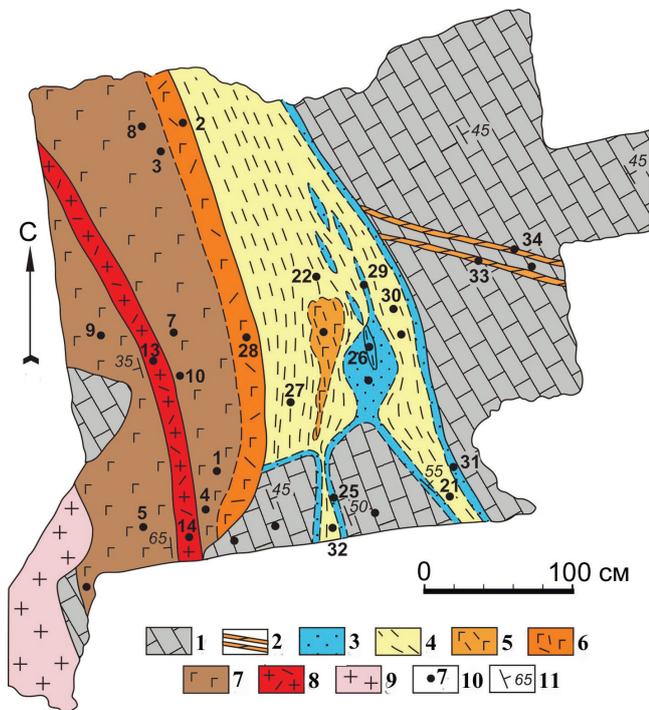


Рис. 17. Взаимоотношения магматических пород в копи № 287. Зарисовка В.Г. Кориневского.

1 – кальцит-доломитовый карбонатит; 2 – пегматитовые актинолит-диопсид-кальцитовые прожилки; 3 – фторапатит-флогопит-скаполит-диопсидовый пироксенит; 4 – титанит-фторапатит-паргасит-диопсид-флогопитовый слюдит; 5 – ортоклаз-кварц-мусковит-титанит-диопсид-скаполитовый пегматит; 6 – амфибол-ортоклаз-титанит-скаполитовый пегматит; 7 – скаполит-диопсидовый габбро-пироксенит; 8 – диопсид-кварц-скаполитовый пегматит; 9 – биотитовый гранит с письменной структурой; 10 – места отбора проб и их номера; 11 – элементы залегания плитчатости.

Fig. 17. Relationship of igneous rocks in mine no 287. Sketch by V.G. Korinevsky.

1 – calcite-dolomite carbonatite; 2 – pegmatite actinolite-diopside-calcite veins; 3 – fluorapatite-phlogopite-scapolite-diopside pyroxenite; 4 – titanite-fluoroapatite-pargasite-diopside-phlogopite glimmerite; 5 – orthoclase-quartz-muscovite-titanite-diopside-scapolite pegmatite; 6 – amphibole-orthoclase-titanite-scapolite pegmatite; 7 – scapolite-diopside gabbropyroxenite; 8 – diopside-quartz-scapolite pegmatite; 9 – biotite granite with graphic structure; 10 – sampling areas and sample numbers, 11 – bedding elements of jointing.

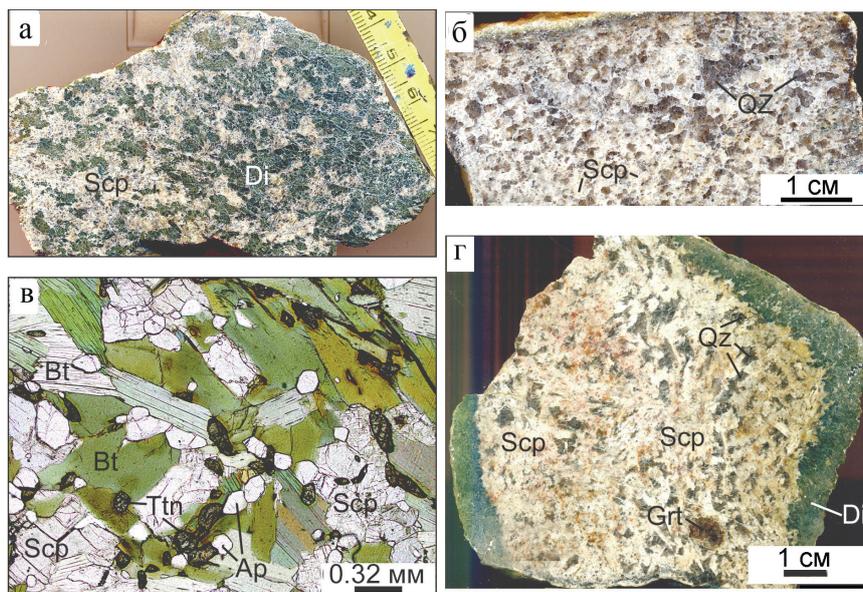


Рис. 18. Магматические скаполитовые породы копи № 287.

а – диопсидовое габбро; б – гранит; в – титанит-апатит-биотитовый слюдит; г – диопсид-кварцевый пегматит.

Qz – кварц, Ttn – титанит, Ap – апатит.

Fig. 18. Igneous scapolite rocks of mine no 287.

а – diopside gabbro; б – granite; в – titanite-apatite-biotite glimmerite; г – diopside-quartz pegmatite.

Qz – quartz, Ttn – titanite, Ap – apatite.

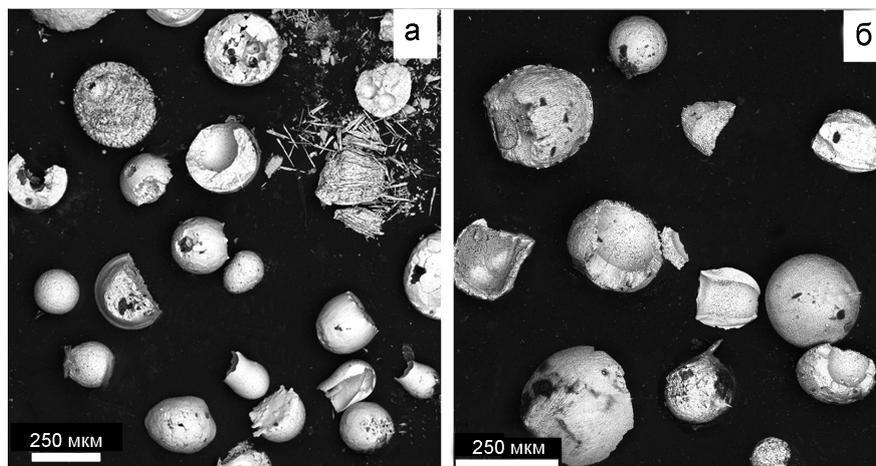


Рис. 19. Морфология железистых сферул из кальцит-доломитовых карбонатитов копей № 287 (а) и № 228 (б) окрестностей оз. Бол. Миассово.

Здесь и на рис. 20–24 – BSE изображения, СЭМ Tescan Vega 3.

Fig. 19. Morphology of ferruginous spherules from calcite-dolomite carbonatites of mines nos 287 (a) and 228 (б) in the vicinity of Lake Bolshoe Miassovo.

Here and in Figs. 20–24 – BSE images, SEM Tescan Vega 3.

26), и пестрая гидроксид-карбонатная краевая зона, в которой белые участки сложены соединениями с преобладанием Sn, а темные – с преобладанием Pb. Промежутки между кристаллами свинцовистого олова заполнены мелкими выделениями сложной формы оловянистого свинца (рис. 23б, табл. 3, ан. 27). В центральной части таких микросферул ино-

гда наблюдаются маломощные полосы редко встречающейся в земных условиях бронзы (рис. 23в, табл. 3, ан. 31). Внешняя кайма микросферул имеет пятнистую текстуру и неоднородный состав. Ее основную массу составляет гидроксид свинца с переменной примесью SnO_2 (до 12 мас. %). Пятна сложной формы образуют выделения касситерита (SnO_2

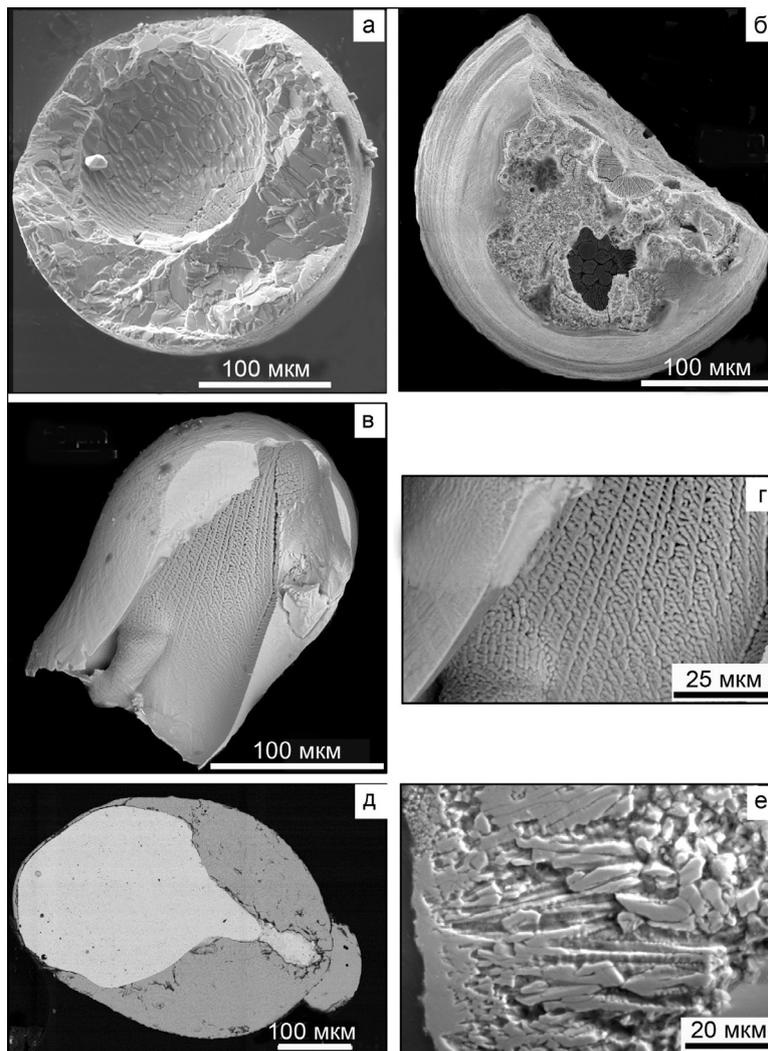


Рис. 20. Детали строения металлических микросферул из кальцит-доломитовых карбонатитов копи № 287: а – округлая полость в центре микросферулы; б – концентрически-зональное строение микросферулы; в – полая колбообразная микросферула; г – дендритовая структура стенки полой микросферулы; д – ядро микросферулы, сложенное самородным железом, и оболочка из оксидов железа; е – пластинчатые кристаллиты оксидов железа, перпендикулярные поверхности микросферулы.

Fig. 20. Details of structure of metallic microspherules from calcite-dolomite carbonatites of mine no 287: а – rounded cavity in the center of the microspherule; б – concentric-zonal structure of the microspherule; в – empty flask-shaped microspherule; г – dendritic structure of the wall of empty microspherule; д – nucleus of the microspherule composed of native iron and iron oxide rim; е – platy crystallites of iron oxides perpendicular to the surface of the microspherule.

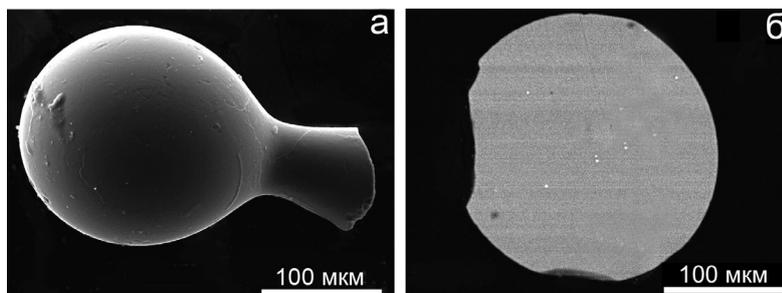


Рис. 21. Внешний вид (а) и поперечное сечение (б) микросферулы стекла из кальцитового карбонатита копи № 287.
Fig. 21. General view (а) and cross-section (б) of the glass microspherule from calcite carbonatite of mine no 287.

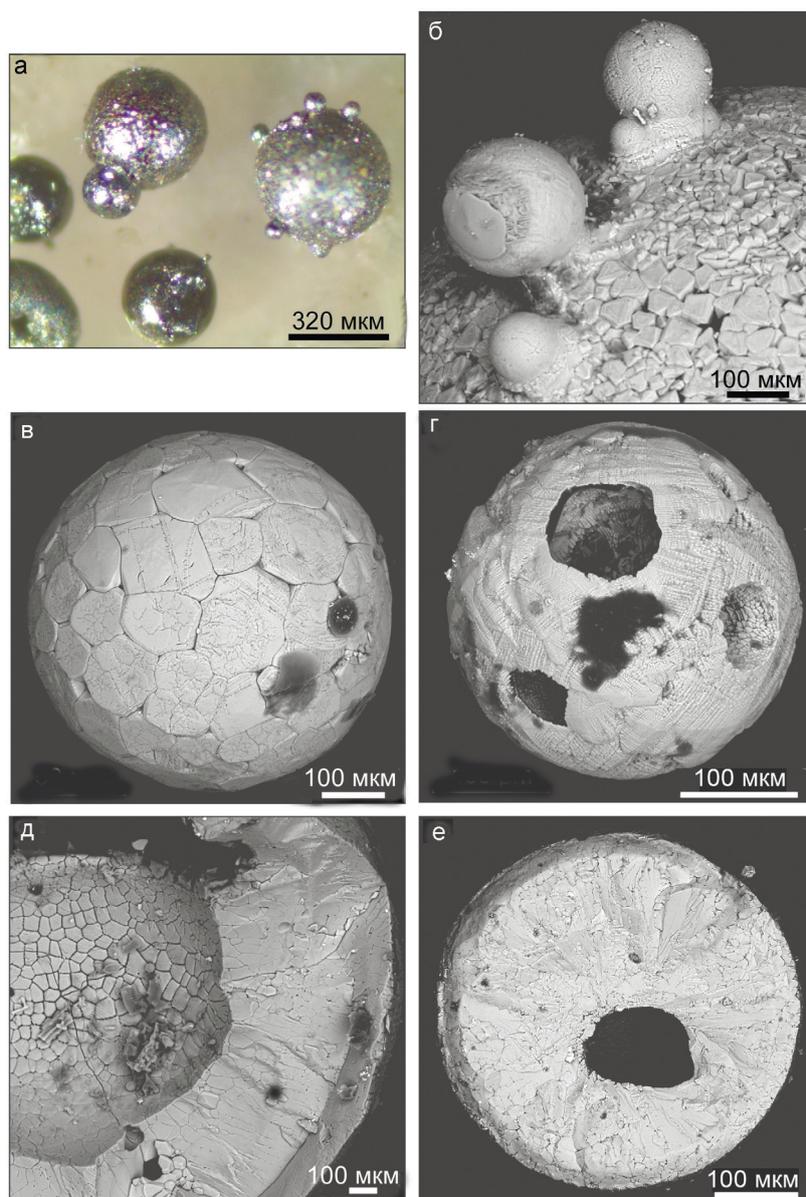


Рис. 22. Морфология и структура поверхностей сферул железа из песка гранитов:

а – внешний вид сферул; б – мелкие сферулы-почки на поверхности крупной сферулы; в – полигональная форма кристаллов на поверхности сферулы; г – дендритовая поверхность сферулы с пористой структурой; д – концентрическая текстура сферулы, ядро с полигональной поверхностью и кайма радиально-концентрического сложения; е – лучистая текстура сферулы вокруг центральной поры.

Здесь и на рис. 23 фото а – бинокляр.

Fig. 22. Morphology and surface structure of iron spherules from granite sand:

а – general view of spherules; б – small spherules-nodules on the surface of a large spherule; в – polygonal crystals on the spherule surface; г – dendritic surface of the spherule and its porous structure; д – concentric spherule, a core with polygonal surface and a radial-concentric rim; е – radial structure of the spherule around its central pore.

Here and in Fig. 23, photo а – binocular microscope.

97.02 %) с примесью РbO (3.48 %). Во внешней части каймы обнаружены отдельные призматические кристаллы свинцовистого стистаита (табл. 3).

Удивительным для Урала явилось обнаружение в древесце гранитов у берега оз. Миассово возле кордона Миассово микросферул Mg-Fe-Mn-Ti-

силикатного стекла (табл. 3, ан. 27) со специфическим набором элементов с высокими концентрациями: REE, Li, Be, Cl, S, Y, Sc, Zr, Nb, Ta, Ba, V, Cr, Ni, Hf, Th, U, характерных для кислых магматических и гидротермально-пневматолитовых пород (Гамянин и др., 1981; Новгородова, 1983; Кривицкая и

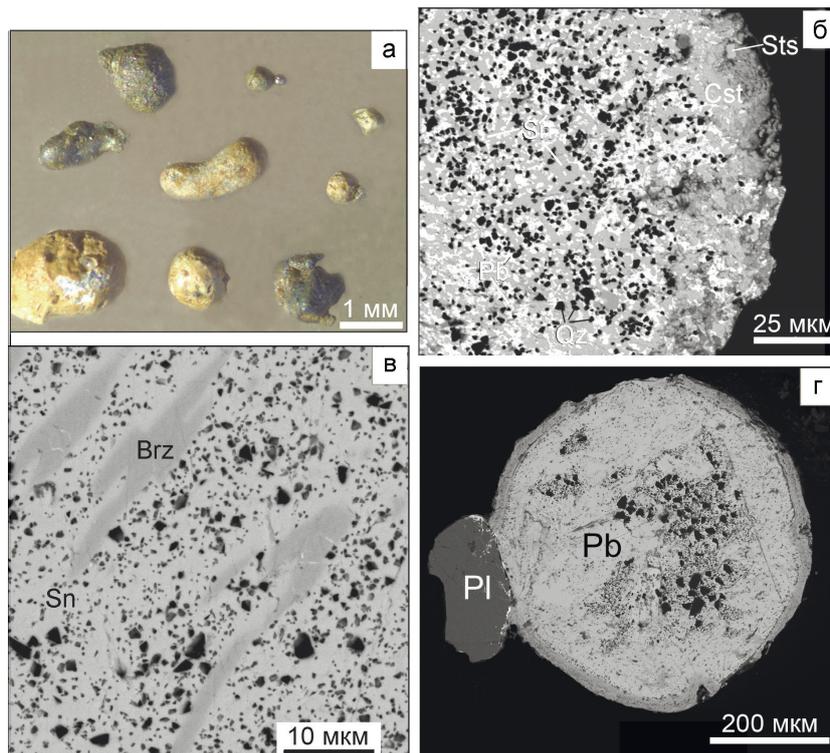


Рис. 23. Свинцово-оловянные микросферулы из песка гранитов Кисегачского массива, отобранного на п-ве Сайма: а – морфология микросферул; б – поперечное сечение микросферул; в – полосовидные выделения бронзы в оловянной матрице; г – кристалл плагиоклаза, припаянный к микросферуле свинца.

Sn – самородное олово, Pb – самородный свинец, Cst – касситерит, Sts – стистаит, Brz – бронза.

Fig. 23. Pb-Sn microspherules from granite sand of the Kisegach pluton sampled in the Saima Peninsula; а – morphology of microspherules; б – cross-section of microspherules; в – bronze strips in tin matrix; г – plagioclase crystal soldered to Pb microspherule.

Sn – native tin, Pb – native lead, Cst – cassiterite, Sts – stistaite, Brz – bronze.

др., 1995; Сандими́рова, 2008). Они обладают сходным внешним обликом с железистыми сферулами. На их гладкой поверхности иногда видны шиповатые отростки (рис. 24а, б). Факт, что все разновидности металлических сферул и силикатного стекла иногда образуют слившиеся агрегаты (рис. 24в, г, е) или встречаются сферулы с присутствием самородного железа в оболочке титанистого стекла (рис. 24д). Все это свидетельствует об одновременном образовании микросферул разного состава.

О среде, в которой формировались микросферулы, могут говорить припаянные зерна олигоклаза к шариком свинца (рис. 23г), а также содержания микроэлементов в сферулах стекла. Весь набор рассеянных элементов в сферулах характерен для гранитоидных пород (Гамянин и др., 1981) и гидротермальных золото-кварцевых жил (Новгородова, 1983; Кривицкая и др., 1995). Подобные по составу сферулы изучены в продуктах эксгаляций современных вулканов, а также в их корневых зонах (Сандими́рова, 2008). Поражает сходство составов

высокотитанистых силикатных стекол из песка гранитов оз. Большое Миассово и из кислых вулканических пород Курил и Камчатки. Стекла из песка гранитов содержат необычно высокие количества летучих (Cl, S), Li, V, Cr, Zr, Nb, REE, а железистые сферы бедны Ni. С учетом сонахождения их со сферулами легкоплавких Sn и Pb, все это позволяет отличать их от сферул космического происхождения (Цельмович и др., 2010). В свете сказанного можно заключить, что ни один из известных космических или промышленных источников (космическая пыль, шлейфы метеоритов и комет, думы металлургических заводов, капли припоев, разбрызгивание капель металлов при сварке, охотничья дробь) не может сравниться по составу с описанными нами микросферулами самородных металлов (Fe, Pb, Sn, Sb) и титанистых силикатных стекол. Высокие содержания летучих (Cl, S, As) в сферулах стекла из песка гранитов оз. Большое Миассово говорят об их формировании в газонасыщенной среде. Это согласуется с обстановкой образования

Таблица 3
Table 3Химический состав (мас. %) минералов и их разновидностей, впервые описанных в Ильменских горах
Chemical composition (wt. %) of minerals and their varieties first described in the Ilmeny Mountains

| № п/п | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| SiO ₂ | 35.20 | 31.66 | 61.13 | 35.49 | 36.66 | — | — | — | — | — | — | — | 37.95 | — | 45.05 | 47.60 |
| TiO ₂ | 4.28 | 2.59 | — | — | 1.29 | 53.25 | 49.58 | 58.52 | — | — | 42.87 | — | 0.45 | 0.79 | 1.36 | 0.15 |
| Al ₂ O ₃ | 15.30 | 17.13 | 19.14 | 26.40 | 16.00 | — | — | — | — | — | 0.89 | 70.83 | 11.16 | 58.73 | 13.82 | 2.11 |
| Cr ₂ O ₃ | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 18.55 | 1.11 | 13.12 | — | 0.29 | — |
| Fe ₂ O ₃ | 18.23 | 14.20 | 0.08 | 0.17 | 15.40 | 27.76 | 1.46 | 32.55 | — | — | 0.12 | 0.24 | 3.39 | 14.17 | 2.44 | 26.60 |
| MnO | 0.40 | 0.29 | — | — | 0.35 | 18.89 | — | 0.12 | — | — | — | — | 1.86 | 1.11 | 0.02 | 0.24 |
| MgO | 12.05 | 13.65 | — | 3.29 | 10.00 | — | — | 8.80 | — | — | 19.05 | 26.27 | 0.37 | 12.42 | 19.12 | 0.90 |
| CaO | — | 0.05 | 0.36 | 0.80 | 12.36 | — | — | — | — | — | 13.18 | — | 3.90 | — | 13.37 | 22.02 |
| Na ₂ O | — | 0.14 | 1.13 | 0.60 | 0.90 | — | — | — | — | — | 2.81 | — | — | — | 1.76 | 0.17 |
| K ₂ O | 9.91 | 6.94 | 13.39 | — | 3.17 | — | — | — | — | — | 0.98 | — | — | — | 1.02 | 0.14 |
| H ₂ O ⁺ _{изм.} | 2.64 | 5.01 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| H ₂ O ⁺ _{раств.} | — | 0.11 | — | — | 0.10 | — | — | — | — | — | 1.94 | — | — | — | 1.15 | — |
| F | — | 0.23 | — | — | 0.41 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0.45 | — |
| Cl | — | 7.95 | 3.79 | — | 0.35 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| BaO | 1.37 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ZnO | 0.11 | 0.07 | — | 32.29 | — | — | — | — | — | — | 0.46 | 1.50 | — | 13.12 | 0.12 | — |
| V ₂ O ₅ | — | — | — | — | — | — | 34.10 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ZrO ₂ | — | — | — | — | — | — | 1.05 | — | 0.31 | 63.41 | — | — | — | — | — | — |
| HfO ₂ | — | — | — | — | — | — | 9.77 | — | 50.72 | 36.48 | — | — | — | — | — | — |
| UO ₂ | — | — | — | — | — | — | 0.37 | — | 47.39 | — | — | — | — | — | — | — |
| Ta ₂ O ₅ | — | — | — | — | — | — | 2.62 | — | 0.56 | — | — | — | — | — | — | — |
| Nb ₂ O ₅ | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Fe | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| S | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Ni | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| As | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Co | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| O = F, Cl | — | -0.10 | — | — | -0.13 | — | — | — | — | — | -0.82 | — | — | — | -0.58 | — |
| Сумма | 99.49 | 100.00 | 98.82 | 99.04 | 96.93 | 99.90 | 99.97 | 99.99 | 99.90 | 99.89 | 99.21 | 99.99 | 99.84 | 100.34 | 99.28 | 99.93 |

| № п/п | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 |
|--------------------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|----|----|----|------|----|----|----|-------|
| SiO ₂ | 35.92 | 43.17 | — | 35.94 | 39.58 | 16.44 | — | 42.16 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| TiO ₂ | 0.63 | 0.33 | — | 0.39 | 0.47 | 0.08 | 5.61 | 0.91 | — | — | — | 0.27 | — | — | — | — |
| Al ₂ O ₃ | 32.75 | 15.97 | — | 17.00 | 20.60 | 40.70 | 62.59 | 11.58 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Cr ₂ O ₃ | — | — | — | — | — | — | 0.12 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Fe ₂ O ₃ | 0.81 | 18.82 | 5.32 | 7.29 | 10.13 | 4.42 | 11.62 | — | — | — | — | — | — | — | — | 98.09 |
| FeO | 3.33 | — | — | 7.47 | — | — | 4.21 | 11.60 | — | — | — | — | — | — | — | 0.87 |
| MnO | 0.02 | 0.83 | 0.26 | 18.28 | 0.12 | — | 0.43 | 0.20 | — | — | — | — | — | — | — | — |

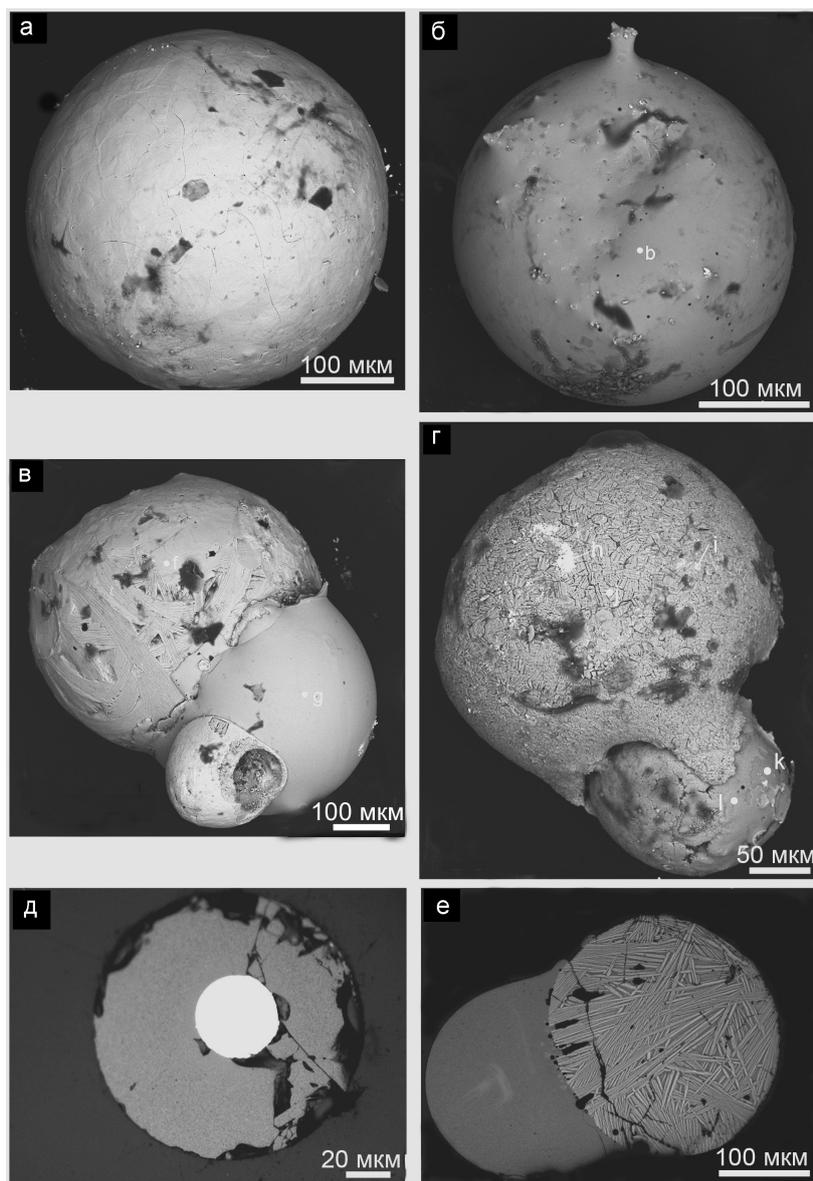


Рис. 24. Морфология и структура поверхностей сферул стекла из гранитного песка:

а – преобладающая сферическая форма стекол с гладкой поверхностью; б – отростки на поверхности сферул; в – сросток трех сферул различного состава и строения поверхностей (железистых и стеклянных); г – скорлуповатое сложение сферул со стекловатым ядром под железистой коркой; д – шарик самородного железа в центре сферулы стекла; е – сросток нераскристаллизованной сферулы стекла и сферулы со структурой распада.

Fig. 24. Morphology and surface structure of glass spherules from granite sand:

а – dominant spherical shape of glass with smooth surface; б – apophyses on the spherule surface; в – aggregate of three spherules of various composition and structure of the surfaces (ferruginous and vitreous); г – shell structure of spherules with visible glassy core under ferruginous crust; д – native iron spherule in the center of the glass spherule; е – intergrowth of non-crystallized glass spherule and spherule with exsolution texture.

подобных сферул в корневых зонах вулканов (Филимонова, 1985; Сандимирова, 2008).

По представлениям последних лет (Лукин, 2013) все микросферулы – это застывшие капли расплавов разнообразного состава (силикаты, металлы, сульфиды, оксиды). Их каплевидная и шаровидная форма свидетельствует о расплавной

природе их вещества и свободно взвешенном нахождении самородных фаз в магме. Некоторое время они находились в размягченном состоянии, о чем говорят слипшиеся микросферулы. Наиболее благоприятная обстановка для формирования микросферул создается при вскипании и дегазации магматического расплава. Повышенная газонасы-

ценность отделившихся микросферул отражена в их пористости, в наличии полых индивидов и Cl , SO_3 в их составе. Нерешенной остается задача поисков их материнских источников¹.

Основные выводы

В кварцито-сланцевых толщах Ильменогорского комплекса установлены и описаны участки, в которых среди апоосадочной матрицы хаотически размещены бескорневые глыбы и большие блоки разнообразных древних магматических пород, преимущественно базитов и гипербазитов, отличающихся от окружающих толщ своим обликом, сходным с кайнотипным, и составом. Эта совокупность пород описана нами под названием уразбаевская олистоstroma. В позднем палеозое она была метаморфизована в условиях эпидот-амфиболитовой фации.

Источником глыб в олистоstrome послужили разрушавшиеся в позднем палеозое пластины полимиктового серпентинитового меланжа, который выносил их из основания коры Урала на земную поверхность при протрузивном выжимании в периоды коллизий. Древний возраст глыб габброидов и вещества серпентинитов (543–662 млн. лет) на основании U-Pb датировок цирконов из них показан в работах А.А. Краснобаева и др. (2013, 2016). Нами приведены данные (Кориневский, Кориневский, 2014) в пользу относительно молодого (около 252 млн лет) возраста вмещающих глыбы пород. Подобные образования давно зафиксированы в складчатых поясах Прибайкалья, Казахстана, Киргизии. Мы полагаем, что такую же природу имеют кварцитовые толщи Максютовского комплекса с включениями тел эклогитов. Вполне вероятны находки подобных тел и в Уфалейском комплексе.

Относительно «свежий» облик многих пород из включений в олистоstrome и слабое проявление в них метасоматических преобразований позволило выявить и описать большое количество новых для Ильменогорского комплекса частично и для Урала в целом видов горных пород и минералов. В их перечне находится и калиймагнезиогастингсит – новый вид породообразующих амфиболов.

Хаотическое размещение глыб метагипербазитов, разнообразие их состава, более древний возраст в сравнении с вмещающими их метаосадками – все это позволяет отрицать наличие в Ильменогорском комплексе так называемых рифтогенных рифейских офиолитов.

Охарактеризованы акцессорные минералы специфических кальцит-доломитовых карбонатитов Ильменских гор, которые сходны с минералами из секущих даек подобных по составу карбонатитов Пластовского района Южного Урала (Колисниченко, Попов, 2008; Попов, Колисниченко, 2008). В составе кальцит-доломитовых карбонатитовых тел впервые для Урала обнаружены разновидности, содержащие микросферулы самородного железа и продуктов его окисления, а также редкие сферулы силикатного стекла. В продуктах разрушения гранитов Кисегачского массива также найдены многочисленные сферулы самородного железа, свинца, олова, сурьмы и их сплавов, а также (вероятно, впервые в мире) железо-марганец-титановых силикатных стекол.

На северо-западном побережье оз. Большое Миассово (копь № 287) среди кальцит-доломитовых карбонатитов впервые описаны выходы секущих даек магматических скаполитовых пород: скаполитовые гранитов, габбро-пироксенитов и слюдитов.

¹Прим. ред. Редакция оставляет за собой право считать недоказанным природное происхождение рассмотренных в статье микросферул. В списке использованных источников отсутствуют работы, в которых рассматриваются критерии отличия природных и техногенных микросферул (например, Н. Р. Хисина, Р. Вирт (2012) Наноструктурные особенности (Au,Ag)-микросферул из рудных геологических проб. Записки РМО. Т. 141. № 1. С. 80–87; Н.Р. Хисина, Р. Вирт (2011) Химическая и фазовая нанонеоднородность Ti-Fe-Mn-силикатных микросферул в измельченных рудных пробах. Геохимия. № 11. С. 1179–1188); рассматриваются микросферулы – продукт сжигания угля (Сокол Э.В., Маскимова Н.В., Нигматуллина Е.Н., Френкель А.Э. (2001) Природа, химический и фазовый состав энергетических зол челябинских углей. Новосибирск: СО РАН, филиал «ГЕО», 107 с.). Отдельно следует отметить, что свинец традиционно используется в качестве охотничьей дроби. Еще в недалеком прошлом дробь изготавливалась кустарным способом. Добавки сурьмы придают дроби большую твердость (В.Д. Белов (2015) Литейное производство 3-е изд., перераб. и доп. Москва, МИСИС. 487 с). Сплавы Pb и Sb с добавками Sn и некоторых других металлов используются в типографских сплавах, а типографское оборудование вполне могло быть использовано для кустарного производства. Для понимания источников сферул также интересен материал В.С. Мосина в данном выпуске.

Есть важные нерешенные вопросы. Предстоит уточнить геологическую обстановку, в которой находились взятые для определения изотопного возраста пород зерна циркона. В известных нам случаях (межозерье Миассово–Савелькуль, Мраморный мыс, Няшевский массив серпентинитов) пробы пород были взяты с поверхности, которая еще относительно недавно (около 10 тыс. лет назад) была дном озера. В этих условиях вполне возможно загрязнение проб по трещинам и впадинам в образцах переотложенными разновозрастными зернами минералов, в том числе и цирконом. Видимо, не случайно во всех отобранных пробах присутствовали, по крайней мере, 3–4 кластера цирконов с диапазоном возраста от протерозоя до позднего палеозоя. Наиболее достоверные данные по возрасту могут быть получены лишь из корректно отобранных проб в коренном залегании, в условиях, исключающих загрязнение проб. Нами выявлены округлые мелкие зерна циркона «древнего облика» (по А.А. Краснобаеву) в составе ряда глыб габбро-амфиболитов, а также крупные короткопризматические цирконы в пироксенитах, гранитах, скаполитовых габбро и пегматитах.

Необходимо также определить материнские породы, из которых происходят сферулы самородных металлов и силикатных стекол, обнаруженных в песке гранитов на побережье оз. Бол. Миассово. Это могут быть или сами граниты, или гранат-содержащие кварцевые жилы в них, или же какие-то пегматитовые тела.

Благодарности

Авторы благодарны аналитикам Л.Ф. Баженовой, М.Н. Маляренко, Т.В. Семеновой, М.С. Свиренко, Ю.Ф. Мельниковой, Л.А. Ганеевой, Г.Г. Кориневской, П.В. Хворову, Е.Д. Зенович, С.М. Лебедевой, Н.И. Кашигиной, М.В. Штенбергу, В.Е. Еремяшеву, Е.И. Чуринову, В.А. Муфтахову, А.Б. Миронову, Н.К. Никандровой, К.А. Филипповой, И.А. Блинову. Изучение новых минералов невозможно без труда В.А. Котлярова. Особая благодарность водителю П.В. Вершинину за успешные многолетние полевые работы и Н.И. Вализер за помощь в геологическом картировании, а Е.И. Лекаревой за подготовку графических иллюстраций. Всегда признательны В.А. Попову за ценные советы и Т.П. Нишанбаеву, который неоднократно выручал нас на полевых работах. Благодарим Н.П. Иванову, И.В. Кислюк и Р.А. Аюпова за

качественно подготовленные препараты и образцы для исследований.

Литература

- Баженов А.Г., Белогуб Е.В., Ленных В.И., Рассказова А.Д.** (1992) Уфимская широтная структура Урала. Путеводитель экскурсий. Миасс, ИМин УрО РАН, 89 с.
- Божко Н.А.** (1975) Офиолиты центральной части Западного Прибайкалья. *Доклады АН СССР*, **223** (2), 421–424.
- Бурд Г.И., Вольхина Т.М., Шегай Г.И.** (1976) Мугоджарский антофиллит-асбестоносный район. Месторождения антофиллит-асбеста СССР. М., Недра, 150–167.
- Варлаков А.С.** (1995) Рифтогенные офиолиты, метаморфизм гипербазитов и строение Вишневогорского-Ильменогорского комплекса. Миасс, ИМин УрО РАН, 67 с.
- Гамянин Г.Н., Половинкин В.Л., Лескова Н.В.** (1981) Самородные металлы и интерметаллы в гранитоидах рудных структур Северо-Востока СССР. Самородное минералообразование в магматических процессах. Якутск, 167–172.
- Доминиковский Г.Г.** (1971) Петрография кристаллических сланцев средней части Ильменских гор. *Ильменогорский комплекс магматических и метаморфических пород. Труды Ильменского заповедника, IX*, Свердловск, УФАН СССР, 130–147.
- Заварицкий А.Н.** (1939) Геологический и петрографический очерк Ильменского минералогического заповедника и его копей. М., Главное Управление по заповедникам, 196 с.
- Кобяшев Ю.С., Никандров С.Н., Вализер П.М.** (2000) Минералы Ильменских гор. Миасс, ИГЗ УрО РАН, 118 с.
- Кобяшев Ю.С., Никандров С.Н.** (2007) Минералы Урала (минеральные виды и разновидности). Екатеринбург, Квадрат, 312 с.
- Кораблёв Г.Г., Крайнев Ю.Д.** (2007) К вопросу о формационной принадлежности Няшевского массива. *Минералогия Урала-2007*. Миасс–Екатеринбург, УрО РАН, 264–267.
- Колесниченко С.В., Попов В.А.** (2008) «Русская Бразилия» на Южном Урале. Минералы долин рек Санарки, Каменки и Кабанки: Энциклопедия уральского камня. Челябинск, Санарка, 528 с.
- Кориневский В.Г., Чуринов Е.И.** (2000) Природа неоднородностей состава жадритов из кристаллических сланцев и амфиболитов Ильменских гор на Урале. *Записки ВМО*, (6), 103–107.
- Кориневский В.Г., Попов В.А., Вализер Н.И., Кориневский Е.В., Чуринов Е.И.** (2000) Новые и малоизученные минералы из метаморфитов Ильмен. *Уральский геологический журнал*, (5), 99–114.

- Кориневский В.Г.** (2000а) Новые подходы к геологии Ильмен. *Уральский геологический журнал*, (2), 33–50.
- Кориневский В.Г.** (2000б) Первая находка дравита в кристаллосланцах Ильмен. *Уральский минералогический сборник*, № 10. Миасс, ИМин УрО РАН, 19–26.
- Кориневский В.Г.** (2001) Новая разновидность монацита из жильных доскладчатых гранитов Ильменских гор. *Уральский минералогический сборник*, № 11. Миасс, ИМин УрО РАН, 31–37.
- Кориневский В.Г., Кориневский Е.В.** (2001) Новые доказательства в пользу выделения уразбаевской олистостромы в Ильменогорском комплексе. *Уральский геологический журнал*, (2), 61–83.
- Кориневский В.Г., Кориневский Е.В.** (2002) Первая находка фассаита в Ильменогорском комплексе. *Уральский минералогический сборник*, № 12. Миасс, ИМин УрО РАН, 7–17.
- Кориневский В.Г.** (2002) Магнезит из Ильменских гор. *Уральский минералогический сборник*, № 12. Миасс, ИМин УрО РАН, 3–6.
- Кориневский В.Г., Кориневский Е.В.** (2003) Две разновидности фассаита из Ильменских гор на Урале. *Записки ВМО*, (1), 121–134.
- Кориневский В.Г.** (2004) Первая находка гиалофана на Урале. *Доклады Академии наук*, **394**(5), 669–672.
- Кориневский В.Г., Кориневский Е.В.** (2006а) Калимагнезиогастингсит – новый минеральный вид амфиболов. *Записки РМО*, (2), 49–57.
- Кориневский В.Г., Кориневский Е.В.** (2006б) Находка новых (Ва, V) для Урала разновидностей слюды. *Доклады Академии наук*, **406**(1), 73–77.
- Кориневский В.Г., Кориневский Е.В.** (2006в) Новое в геологии, петрографии и минералогии Ильменских гор. Миасс, ИМин УрО РАН, 102 с.
- Кориневский В.Г., Кориневский Е.В.** (2007) Калиевые амфиболы Ильменских гор и их геологическая позиция. *Минералогия Урала-2007*. Миасс–Екатеринбург, УрО РАН, 272–274.
- Кориневский В.Г., Котляров В.А., Кориневский Е.В.** (2007) Геденбергит из необычной минеральной ассоциации. *Записки РМО*, (5), 104–113.
- Кориневский В.Г., Кориневский Е.В.** (2008) Нетрифейским офиолитам в Ильменогорском комплексе! *Структурно-вещественные комплексы и проблемы геодинамики докембрия фанерозойских орогенов. Материалы международной научной конференции*. Екатеринбург, УрО РАН. С. 55–58.
- Кориневский В.Г.** (2008а) Магматический эпидот из габбро. *Геология и геофизика*, **49**(3), 214–220.
- Кориневский В.Г.** (2008б) Новые и редкие минералы Ильменских гор: находки 2008 года. *Уральский минералогический сборник*, № 15. Миасс, ИМин УрО РАН, 35–45.
- Кориневский В.Г., Котляров В.А.** (2009) Минералогия плагиоклаз-оливинового клинопироксенита (израндита) Урала. *Литосфера*, (4), 27–40.
- Кориневский В.Г.** (2011) «Запретные» минералы в «неожиданных» породах. *Минералогия Урала-2011*. Миасс–Екатеринбург, УрО РАН, 148–151.
- Кориневский В.Г.** (2012а) Необычная пудинговая структура зерен граната из габбро Ильменских гор на Урале. *Записки РМО*, (1), 122–133.
- Кориневский В.Г.** (2012б) Магматические скаполитовые породы Ильменских гор на Урале. *Современные проблемы магматизма и метаморфизма. Материалы Всероссийской конференции, посвященной 150-летию академика Ф.Ю. Левинсон-Лессинга и 100-летию профессора Г.М. Саранчиной*. Санкт-Петербург, СПбГУ, 294–298.
- Кориневский В.Г., Кориневский Е.В.** (2013) Новый тип карбонатитов на Урале. *Литосфера*, (3), 43–57.
- Кориневский В.Г., Кориневский Е.В.** (2014) Новые доказательства позднепалеозойского возраста кварцито-сланцевых толщ обрамления Ильменогорского комплекса (Южный Урал). *Доклады Академии наук*, **455**(5), 553–555.
- Кориневский В.Г., Лебедева С.М.** (2014) Глёт (PbO) – первая находка в Ильменогорском комплексе. *Уральский геологический журнал*, (6), 49–50.
- Кориневский В.Г., Кориневский Е.В., Котляров В.А.** (2015а) Минералогия в решении вопросов о природе кварцитов кыштымской толщи Ильменогорского комплекса. *Минералогия*, (1), 59–80.
- Кориневский В.Г., Котляров В.А., Кориневский Е.В., Штенберг М.В., Лебедева С.М.** (2015б) Клинтонит $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Al}, \text{Fe})_3[\text{Al}_3\text{SiO}_{10}](\text{OH})_2$ из Ильмено-Вишневогорского комплекса Южного Урала. *Минералогия*, (3), 12–22.
- Кориневский В.Г., Кориневский Е.В.** (2015а) Необычная форма включений пирротина в скаполитах магматических пород Южного Урала. *Записки РМО*, (6), 74–83.
- Кориневский В.Г., Кориневский Е.В.** (2015б) Монциты в Ильменогорском щелочном комплексе Урала. *Литосфера*, (6), 139–144.
- Кориневский В.Г., Кориневский Е.В.** (2015в) К реабилитации фассаита. *Онтогенез, филогения, система минералогии. Материалы Всероссийской научной конференции*. Миасс, ИМин УрО РАН, 112–115.
- Кориневский В.Г., Блинов И.А.** (2016) Первая находка минерала шриланкита на Урале. *Доклады Академии наук*, **470**(2), 204–207.
- Кориневский В.Г., Котляров В.А., Кориневский Е.В., Миронов А.Б., Штенберг М.В.** (2016) Магнезиохёгбомит $(\text{Mg}, \text{Fe}^2, \text{Zn})_8(\text{Al}, \text{Ti}, \text{Fe}^3)_{20}\text{O}_{38}(\text{OH})_2$ из Ильмено-Вишневогорского комплекса. *Минералогия*, (2), 20–33.
- Кориневский В.Г., Кориневский Е.В., Котляров В.А., Лебедева С.М., Блинов И.А., Миронов А.Б., Штенберг М.В.** (2017) Сапфирин-шпинелевые горнблендиты Ильмено-Вишневогорского комплекса. *Литосфера*, (1), 68–95.
- Кориневский В.Г., Кориневский Е.В., Котляров В.А.** (2018а) Редкометалльная минерализация в не-

обычных скаполитовых породах Ильменских гор (Южный Урал). *Записки РМО*, (4), 52–68.

Кориневский В.Г., Кориневский Е.В., Блинов И.А., Котляров В.А. (20186) Металлические микросферулы в карбонатах Южного Урала. *Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН*, (10), 39–46.

Кориневский В.Г., Кориневский Е.В. (2019) Габброиды и горнблендиты Ильменских гор на Урале с высокими содержаниями редкоземельных элементов. *Геология и геофизика*, 60(3), 366–385.

Кориневский Е.В. (2013) Хаотические образования Ильменогорского метаморфического комплекса Южного Урала и их природа. Екатеринбург, РИО УрО РАН, 112 с.

Краснобаев А.А., Вализер П.М., Чередниченко С.В., Бушарина С.В., Медведева Е.В., Пресняков С.Л. (2013) Цирконология карбонатных пород (мраморы-карбонатиты) Ильмено-Вишневогорского комплекса (Южный Урал). *Доклады Академии наук*, 450 (1), 1–6.

Краснобаев А.А., Вализер П.М., Анфилогов В.Н., Мурдасова Н.М. (2016) Цирконология серпентинитов из Няшевского массива (Южный Урал). *Доклады Академии наук*, 471(2), 1298–1302.

Кривицкая Н.Н., Сахарова М.С., Рябов А.Н., Цепин А.И. (1995) Новые данные об интерметаллических соединениях олова. *Вестник Московского университета. Серия 4: Геология*, 50(6), 65–70.

Левин В.Я. (1974) Щелочная провинция Ильменских-Вишневых гор (формации нефелиновых сиенитов Урала). М., Наука, 223 с.

Лукин А.Е. (2013) Минеральные сферулы – индикаторы специфического флюидного режима рудообразования и нефтидогенеза. *Геофизический журнал*, 35(6), 10–53.

Месторождения антофиллит-асбеста СССР (1976). Под ред. И.Ф. Романовича. М., Недра, 247 с.

Новгородова М.И. (1983) Самородные металлы в гидротермальных рудах. М., Наука, 287 с.

Округин А.В., Олейников Б.В., Заякина Н.В., Лескова Н.В. (1981) Самородные металлы в траппах Сибирской платформы. *Записки ВМО*, (2), 186–204.

Павлова Т.Г. (1982) Олистолитовый тип гипербазитов. *Доклады АН СССР*, 262(5), 1214–1217.

Попов В.А., Колисниченко С.В. (2008) К минералогии карбонатитов Русской Бразилии на Южном Урале. *Уральский минералогический сборник*, № 15. Миасс, ИМин УрО РАН, 75–84.

Постоев К.И. (1958) Ультраосновные и основные горные породы Ильменского заповедника и продукты их метаморфизма. *Труды Ильменского заповедника*, VII, Свердловск, УФАН СССР, 85 с.

Русин А.И. (1996) Китарсайская эклогит-перидотитовая ассоциация Мугоджар. *Ежегодник-1995 Института геологии и геохимии УНЦ АН СССР*. Свердловск, 99–103.

Русин А.И. (2004) Метаморфические комплексы Урала и проблема эволюции метаморфизма в полном цикле развития литосферы подвижных поясов. *Автореферат докторской диссертации*. Екатеринбург, ИГГ УрО РАН, 46 с.

Русин А.И., Вализер П.М., Краснобаев А.А., Банева Н.Н., Медведева Е.В., Дубинина Е.В. (2012) Природа гранат-анортит-клинопироксен-амфиболовых пород Ильменогорского комплекса (Южный Урал). *Литосфера*, (1), 91–109.

Сандимирова Е.И. (2008) Сферические минеральные образования вулканических пород Курильских островов и Камчатки. *Автореф. канд. дис.* Петропавловск-Камчатский, ИВиС ДВО РАН, 24 с.

Сизых В.И. (2001) Тектонические микститы Забайкалья. Геология, геохимия, геофизика. *Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 10-летию РФФИ*. Иркутск, ИЗК СО РАН, 117–119.

Филимонова Л.Г. (1985) Закономерности развития вулканизма и рудообразования активизированных тихоокеанских окраин. М.: Недра, 159 с.

Цельмович В.А., Корчагин О.А., Некрасов А.Н., Старченко С.В. (2010) Диагностика происхождения магнитных микросфер. *Палеомагнетизм и магнетизм горных пород. Материалы международного семинара по проблемам палеомагнетизма и магнетизма горных пород*. Санкт-Петербург, Петродворец, 165–171.

Юрецкий В.Н., Петров В.И., Кузнецов Г.П., Левин В.Я., Пунегов Б.Н. и др. (1982ф) Отчет Ильменогорского геолого-съемочного отряда о результатах геологического доизучения масштаба 1 : 50000 Ильменогорской площади. Челябинск, ПГО «Уралгеология», ЧГРЭ. 280 с.

Korinevsky V.G. (2016). Spessartine-andradite in scapolite pegmatite, Ilmeny Mountains, Russia. *Canadian Mineralogist*, 53 (4), 623–632.

Refereces

Bazhenov A.G., Belogub E.V., Lennykh V.I., Rasskazova A.D. (1992) [Ufa latitudinal structure of the Urals. Travel Guide]. Miass, IMin UrO RAN, 89 p. (in Russian)

Bozhko N.A. (1975) [Ophiolites of the central part of Western Baikal]. *Doklady AN SSSR [Reports of the Academy of Sciences of the USSR]*, 223(2), 421–424.

Burd G.I., Volkhina T.M., Shegay G.I. (1976) [Mugodzharsky antophyllite-asbestos-bearing region]. *Mestorozhdeniya antofillit-asbesta SSSR [Deposits of antophyllite-asbestos of the USSR]*. Moscow, Nedra, 150–167. (in Russian)

Dominikovskiy G.G. (1971) [Petrography of crystalline schists in the middle of the Il'meny Mountains]. In: Imenogorsky kompleks izverzhennykh i metamorficheskikh porod [Il'menogorsky complex of igneous and metamorphic

rocks]. *Trudy Il'menskogo zapovednitsa* [Proceedings of the Ilmeny Reserve], IX, Sverdlovsk, UFAN USSR, 130–147. (in Russian)

Filimonova L.G. (1985) Patterns of development of volcanism and ore formation of activated Pacific margins. Moscow: Nedra, 159 p. (in Russian).

Gamyanin G.N., Polovinkin V.L., Leskova N.V. (1981) [Native metals and intermetallides in granitoids from the Northeastern USSR ore structures] In: *Samorodnoe mineraloobrazovanie v magmaticheskikh protsessakh* [Formation of native minerals in magmatic processes]. Yakutsk, 167–172. (in Russian)

Dominikovskiy G.G. (1971) [Petrography of crystalline schists in the middle of the Il'meny Mountains]. *Ilmenogorskiy kompleks izverzhennykh i metamorficheskikh porod Il'menogorskiy kompleks of igneous and metamorphic rocks*. [Trudy Il'menskogo zapovednitsa. Proceedings of the Il'meny Reserve], IX, Sverdlovsk, UFAN USSR, 130–147. (in Russian)

Kobyashev Yu.S., Nikandrov S.N., Valizer P.M. (2000) [Minerals of the Ilmeny Mountains], Miass, IGZ UrO RAN, 118 p. (in Russian)

Kobyashev Yu.S., Nikandrov S.N. (2007) [Minerals of the Urals (mineral species and varieties)]. Ekaterinburg, Kvadrat, 312 p. (in Russian)

Korablev G.G., Krainev Yu.D. (2007) [The problem of the affinity of the Nyashevo massif]. *Mineralogiya Urala-2007* [Mineralogy of the Urals-2007]. Miass–Ekaterinburg, UrB RAS, 264–267. (in Russian)

Kolisnichenko S.V., Popov V.A. (2008) [«Russian Brazil» in the South Urals. Minerals of the Sanarka, Kamenka, and Kabanka river valleys. Encyclopedia of the Urals stone]. Chelyabinsk, Sanarka, 528 p. (in Russian)

Korinevskiy V.G., Churin E.I. (2000) [The nature of compositional heterogeneity of gedrite from crystalline schists and amphibolites of the Ilmeny Mountains in the Urals]. *Zapiski RMO* [Proceedings of Russian Mineralogical Society], (6), 103–107. (in Russian)

Korinevskiy V.G., Popov V.A., Valizer N.I., Korinevskiy E.V., Churin E.I. (2000) [New and poorly studied minerals from the Ilmenian metamorphic rocks]. *Uralskiy geologicheskyy zhurnal* [Ural Geological Journal], (5), 99–114. (in Russian)

Korinevskiy V.G. (2000a) [New approaches to the Ilmeny geology]. *Uralskiy geologicheskyy zhurnal* [Ural Geological Journal], (2), 33–50. (in Russian)

Korinevskiy V.G. (2000b) [First find of dravite in Ilmenian crystal schists]. *Uralskiy mineralogicheskyy sbornik* [Ural Mineralogical Collection], no. 10. Miass, IMin UrO RAN, 19–26. (in Russian)

Korinevskiy V.G. (2001) [A new variety of monazite from, pre-folded vein granites of the Ilmeny Mountains]. *Uralskiy mineralogicheskyy sbornik* [Ural Mineralogical Collection], no. 11. Miass, IMin UB RAS, 31–37. (in Russian)

Korinevskiy V.G., Korinevskiy E.V. (2001) [New evidence for Urazbayevo olistostroma in the Ilmenogorskiy

complex]. *Uralskiy geologicheskyy zhurnal* [Ural Geological Journal], (2), 61–83. (in Russian)

Korinevskiy V.G., Korinevskiy E.V. (2002) [The first find of fassaite in the Ilmenogorskiy complex]. *Uralskiy mineralogicheskyy sbornik* [Ural Mineralogical Collection], no. 12. Miass, IMin UB RAS, 7–17. (in Russian)

Korinevskiy V.G. (2002) [Magnesite from the Ilmeny Mountains]. *Uralskiy mineralogicheskyy sbornik no. 12* [Ural Mineralogical Collection no. 12]. Miass, IMin UrO RAN, 3–6. (in Russian)

Korinevskiy V.G., Korinevskiy E.V. (2003) [Two varieties of fassaite from the Ilmeny Mountains in the Urals]. *Zapiski VMO* [Proceedings of All-Russia Mineralogical Society], (1), 121–134. (in Russian)

Korinevskiy V.G. (2004) [The first find of hyalofane in the Urals]. *Doklady Akademii Nauk* [Reports of the Russian Academy of Sciences], 394(5), 669–672. (in Russian)

Korinevskiy V.G., Korinevskiy E.V. (2006a) [Potassic-magnesio-hastingsite is a new mineral species of amphiboles]. *Zapiski RMO* [Proceedings of Russian Mineralogical Society], (2), 49–57. (in Russian)

Korinevskiy V.G., Korinevskiy E.V. (2006b) [The first find of (Ba, V) micas in the Urals]. *Doklady Earth Sciences*, 406, 32–36.

Korinevskiy V.G., Korinevskiy E.V. (2006c) [New in geology, petrography and mineralogy of the Ilmeny Mountains]. Miass, IMin UrO RAN, 102 p. (in Russian)

Korinevskiy V.G., Korinevskiy E.V. (2007) [Potassium amphiboles of the Ilmeny Mountains and their geological position]. *Mineralogiya Urala-2007* [Mineralogy of the Urals-2007]. Miass–Ekaterinburg, UrO RAN, 272–274. (in Russian)

Korinevskiy V.G., Kotlyarov V.A., Korinevskiy E.V. (2007) [Gedenbergite from an unusual mineral assemblage]. *Zapiski RMO* [Proceedings of Russian Mineralogical Society], (5), 104–113. (in Russian)

Korinevskiy V.G., Korinevskiy E.V. (2008) [No to Riphean ophiolites in the Ilmenogorskiy complex!]. *Strukturno-veschestvennyye komplekсы i problemy geodinamiki dokembriysko-fanerozoyskikh orogenov* [Structural-material complexes and problems of the geodynamics of Precambrian-Phanerozoic orogens. Materials of the international scientific conference]. Yekaterinburg, UrO RAN, 55–58. (in Russian)

Korinevskiy V.G. (2008a) [Magmatic epidote from gabbro]. *Geologiya i geofizika* [Geology and Geophysics], 49(3), 214–220. (in Russian)

Korinevskiy V.G. (2008b) [New and rare minerals of the Ilmeny Mountains: findings of 2008]. *Uralskiy mineralogicheskyy sbornik* [Ural Mineralogical Collection], No 15. Miass, IMin UrO RAN, 35–45. (in Russian)

Korinevskiy V.G., Kotlyarov V.A. (2009) [Mineralogy of plagioclase-olivine clinopyroxenite (izrandite) of the Urals]. *Litosfera* [Lithosphere], (4), 27–40. (in Russian)

Korinevskiy V.G. (2011) [«Forbidden» minerals in «unexpected» rocks]. *Mineralogiya Urala-2011*

[*Mineralogy of the Urals-2011*]. Miass – Yekaterinburg, UrO RAN, 148–151. (in Russian)

Korinevsky V.G. (2012a) [Unusual pudding structure of garnet grains from gabbro of Ilmeny Mountains in the Urals]. *Zapisky RMO [Proceedings of Russian Mineralogical Society]*, (1), 122–133. (in Russian)

Korinevsky V.G. (2012b) [Magmatic scapolite rocks of the Ilmeny Mountains in the Urals]. *Sovremennyye problemy magmatizma i metamorfizm [Modern problems of magmatism and metamorphism. Materials of conference devoted to the 150 anniversary of academician F.Yu. Levinson-Lessing and the 100 anniversary of professor G.M. Saranchina]*, 1, St.-Petersburg, PPbGU, 294–298. (in Russian)

Korinevsky V.G., Korinevsky E.V. (2013) [New type of carbonatites in the Urals]. *Litosfera [Lithosphere]*, (3), 43–57. (in Russian)

Korinevsky V.G., Lebedeva S.M. (2014) [Glet (PbO) – the first find in the Ilmenogorsky complex]. *Ural'sky geologicheskyy zhurnal [Ural Geological Journal]*, (6), 49–50. (in Russian)

Korinevsky V.G., Korinevsky E.V. (2014) [New evidence of the Late Paleozoic age of quartzite-slate strata of the framing of the Ilmenogorsky complex (South Urals)]. *Doklady Akademii Nauk [Reports of the Russian Academy of Sciences]*, 455(5), 553–555. (in Russian)

Korinevsky V.G., Korinevsky E.V. (2015a) [Unusual shape of pyrrhotite inclusions in scapolite of igneous rocks from the South Urals]. *Zapisky RMO [Proceedings of Russian Mineralogical Society]*, (6), 74–83. (in Russian)

Korinevsky V.G., Korinevsky E.V. (2015b) [Monzonites in Ilmenogorsky alkaline complex of the Urals]. *Litosfera [Lithosphere]*, (6), 139–144. (in Russian)

Korinevsky V.G., Korinevsky E.V. (2015b) [Towards the rehabilitation of fassaite]. In: *Ontogeniya, fylogeniya, sistema mineralogii [Ontogeny, phylogeny, mineralogy system. Materials of the All-Russian Scientific Conference]*, Miass, IMin UrO RAN, 112–115. (in Russian)

Korinevsky V.G., Korinevsky E.V., Kotlyarov V.A. (2015a) [Mineralogy in resolving questions about the nature of quartzites of the Kyshtym stratum of the Ilmenogorsky complex]. *Mineralogiya [Mineralogy]*, (1), 59–80. (in Russian)

Korinevsky V.G., Kotlyarov V.A., Korinevsky E.V., Shtenberg M.V., Lebedeva S.M. (2015b) [Clintonite $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Al}, \text{Fe})_3[\text{Al}_3\text{SiO}_{10}](\text{OH})_2$ from the Il'meno-Vishnevogorsky complex of the South Urals]. *Mineralogiya [Mineralogy]*, (3), 12–22. (in Russian)

Korinevsky V.G. (2016). [Spessartine-andradite in scapolite pegmatite, Ilmeny Mountains, Russia]. *Can. Miner.* 53(4), 623–632. (in Russian)

Korinevsky V.G., Blinov I.A. (2016) [First discovery of the srilankite mineral in the Urals]. *Doklady Akademii Nauk [Reports of the Russian Academy of Sciences]*, 470(2), 204–207. (in Russian)

Korinevsky V.G., Kotlyarov V.A., Korinevsky E.V., Mironov A.B., Shtenberg M.V. (2016) [Magnesiohögbohmite $(\text{Mg}, \text{Fe}^2, \text{Zn})_8(\text{Al}, \text{Ti}, \text{Fe}^3)_{20}\text{O}_{38}(\text{OH})_2$ from the Ilmenovishnevogorsky complex]. *Mineralogiya [Mineralogy]*, (2), 20–33. (in Russian)

Korinevsky V.G., Korinevsky E.V., Kotlyarov V.A., Lebedeva S.M., Blinov I.A., Mironov A.B., Shtenberg M.V. (2017) [Sapphirine-spinel hornblendites of the Ilmenovishnevogorsky complex]. *Litosfera [Lithosphere]*, (1), 68–95. (in Russian)

Korinevsky V.G., Korinevsky E.V., Kotlyarov V.A. (2018a) [Rare-metal mineralization in an unusual scapolite rocks of the Il'meny Mountains (South Urals)]. *Zapisky RMO [Proceedings of Russian Mineralogical Society]*, (4), 52–68. (in Russian)

Korinevsky V.G., Korinevsky E.V., Blinov I.A., Kotlyarov V.A. (2018b) [Metallic microspherules in carbonatites of the South Urals]. *Vestnik IG Komi Ts UB RAN [Bulletin of the IG Komi Scientific Center, UrB RAS]*, (10), 39–46. (in Russian)

Korinevsky V.G., Korinevsky E.V. (2019) [Gabbroids and hornblendites of the Ilmeny Mountains in the Urals with high contents of rare earth element]. *Geologiya i Geofizika [Geology and Geophysics]*, 60(3), 366–385. (in Russian)

Korinevsky E.V. (2013) [Chaotic formations of the Ilmenogorsky metamorphic complex of the South Urals and their nature]. Yekaterinburg, RIO UrO RAN, 112 p. (in Russian)

Krasnobaev A.A., Valizer P.M., Cherednichenko S.V. et al. (2013) [Zirconology of carbonate rocks (marbles-carbonatites) of the Ilmenovishnevogorsky complex (South Urals)]. *Doklady Akademii Nauk [Reports of the Russian Academy of Sciences]*, 450(1), 1–6. (in Russian)

Krasnobaev A.A., Valizer P.M., Anfilogov V.N., Murdasova N.M. (2016) [Zirconology of serpentinites from the Nyashevo massif (South Urals)]. *Doklady Akademii Nauk [Reports of the Russian Academy of Sciences]*, 471(2), 1298–1302. (in Russian)

Krivitskaya N.N., Sakharova M.S., Ryabov A.N., Tsepin A.I. (1995) [New data on the intermetallic compounds of tin]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 4: Geologiya. [Bulletin of Moscow University. Series 4: Geology]*, 50 (6), 65–70. (in Russian)

Levin V.Ya. (1974) [Alkaline province of the Ilmeny-Vishnevye Mountains (Nepheline syenite formations of the Urals)]. Moscow, Nauka, 223 p. (in Russian)

Lukin A.E. (2013) [Mineral spherules – indicators of the specific fluid regime of ore formation and naphthodogenesis]. *Geofizicheskyy zhurnal [Geophysical Journal]*, 35(6), 10–53. (in Russian)

Deposits of anthophyllite-asbestos of the USSR (1976). Ed. I.F. Romanovich. Moscow, Nedra, 247 p. (in Russian)

Novgorodova M.I. (1983) [Native metals in hydrothermal ores]. Moscow, Nauka, 287 p. (in Russian)

Okrugin A.V., Oleinikov B.V., Zayakina N.V., Leskova N.V. (1981) [Native metals in the traps of the

Siberian platform]. *Zapisky VMO [Proceedings of All-Russian Mineralogical Society]*, (2), 186–204. (in Russian)

Pavlova T.G. (1982) [Olistolite type of hyperbasites]. *Doklady AN SSSR [Reports of the Academy of Sciences of the USSR]*, **262**(5), 1214–1217. (in Russian)

Popov V.A., Kolisnichenko S.V. (2008) [To mineralogy of carbonatites of Russian Brazil in the South Urals]. *Ural'sky mineralogichesky sbornik [Ural Mineralogical Collection]*, No 15. Miass, IMin UrO RAN, 75–84. (in Russian)

Postoev K.I. (1958) [Ultrabasic and basic rocks of the Ilmeny Reserve and products of their metamorphism]. *Trudy Ilmenskogo zapovednika [Proceedings of the Ilmeny Reserve]*, **VII**, Sverdlovsk, UFAN USSR, 85 p. (in Russian)

Rusin A.I. (1996) [Kitsarsayskaya eclogite-peridotite association of the Mugodzhaz]. *Ezhegodnik–1995. Trudy IGG UC AN USSR [Yearbook-1995. Proceedings of Institute of Geology and Geochemistry UB RAS]*. Sverdlovsk, 99–103. (in Russian)

Rusin A.I. (2004) [Metamorphic complexes of the Urals and the problem of the evolution of metamorphism in the full cycle of development of the lithosphere of mobile zones]. *Avtoreferat dissertatsii doctora nauk [Abstract of Doctor of Science thesis]*. Yekaterinburg: IGG UrO RAN, 46 p. (in Russian)

Rusin A.I., Valizer P.M., Krasnobaev A.A., Baneva N.N., Medvedeva E.V., Dubinina E.V. (2012) [The nature of garnet-anorthite-clinopyroxene-amphibole rocks of the Ilmenogorsky complex (SouthUrals)]. *Litosfera [Lithosphere]*, (1), 91–109. (in Russian)

Sandimirova E.I. (2008) [Spherical mineral formations of volcanic rocks of the Kuril Islands and Kamchatka]. Avtoref. kand. dis. [Abstract of cand. diss.] Petropavlovsk-Kamchatsky, TVIS DVO RAN, 24 p. (in Russian).

Sizykh V.I. (2001) [Tectonic mixtites of Transbaikaliya. Geology, geochemistry, geophysics]. *Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii posvyashchennoy 10 godovshchine RFFI [Materials of the All-Russian Scientific Conference dedicated to the 10th anniversary of the Russian Federal Property Fund]*. Irkutsk, IZK SO RAN, 117–119. (in Russian)

Tsel'movic V.A., Korchagin O.A., Nekrasov A.N., Starchenko S.V. (2010) [Diagnostics of an origin of magnetic microspheres]. *Paleomagnetizm i magnetizm gornyh porod. Materialy mezhdunarodnogo seminara po problemam paleomagnetizma i magnetizma gornyh porod [Paleomagnetism and magnetism of rocks. Materials of the international seminar on paleomagnetism and magnetism of rocks]*, St. Petersburg, Petrodvorets, 165–171 (in Russian).

Varlakov A.S. (1995) [Riftogenic ophiolites, hyperbasite metamorphism and the structure of the Ilmenovishnevogorsky complex]. Miass, IMin UrO RAN, 67 p. (in Russian)

Yuretsky V.N., Petrov V.I., Kuznetsov G.P., Levin V.Ya., Punegov B.N. et al. (1982.) [Report of the Ilmenogorsky geological survey team on the results of geological exploration on a scale of 1: 50,000 of the Ilmenogorsk area]. Chelyabinsk, PGO «Uralgeologiya», ChGRE, 280 p. (in Russian)

Zavaritsky A.N. (1939) [Geological and petrographic sketch of the Ilmeny Mineralogical Reserve and its pits] Moscow, Glavnoe upravlenie po zapovednikam, 196 p. (in Russian)

Статья поступила в редакцию 5 мая 2020 г.