

## Геологическое строение Карабашского рудного района (Южный Урал)

В. Н. Анфилов, Л. Я. Кабанова, В. М. Рыжков, М. А. Корекина

Институт минералогии ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН, 456317, г. Миасс, Ильменский заповедник, e-mail: anfilogov@mineralogy.ru

Поступила в редакцию 18.06.2019 г., принята к печати 31.01.2020 г.

**Объект исследования.** Карабашский рудный район образован на стыке Магнитогорского и Тагильского прогибов. Уникальность района заключается в том, что палеозойская колчеданосная полоса шириной не более 8 км оказалась зажата между двумя блоками древних метаморфических пород. В этой полосе расположено классическое Карабашское медно-колчеданное месторождение, представленное крутопадающими рудными телами, которые первоначально имели горизонтальное залегание. В связи с этим представляет интерес восстановить первоначальную структуру района и условия его тектонической эволюции. **Материалы и методы исследования.** Нами изучался геологический разрез палеозойской полосы. Особое внимание уделялось взаимоотношениям палеозойских вулканогенно-осадочных пород с телами серпентинизированных ультрамафитов. У-Pb методом по циркону выполнены определения возраста тел ультрабазитов, залегающих в вулканогенно-осадочных породах. **Результаты.** Установлено, что возраст ультрамафитов Карабашского рудного района 430–440 млн лет. На контакте тел ультрамафитов с вмещающими породами обнаружены зоны серпентинитового меланжа мощностью до 60 м. Закономерное расположение этих зон на восточных и западных контактах тел ультрамафитов с вмещающими породами дает возможность использовать их как маркирующие горизонты при построении геологического разреза Карабашского рудного района. **Выводы.** Установлено, что Карабашский район в разрезе представляет собой моноклиальную синклиальную складку, образованную путем сжатия первоначально горизонтальных слоев в направлении с востока на запад. Определено, что месторождение золота “Золотая гора” залегает в восточном крыле синклинали. Возраст родинитов месторождения свидетельствует о том, что образование рудных тел было инициировано процессом тектонического сжатия.

**Ключевые слова:** Карабашский рудный район, геологическое строение, ультрамафиты, абсолютный возраст, колчеданная полоса, синклиальная моноклиаль

## Geological structure of the Karabash ore district (Southern Urals)

Vsevolod N. Anfilogov, Larisa Y. Kabanova, Vyacheslav M. Ryzhkov, Maria A. Korekina

Institute of Mineralogy of SU FRC MG UB RAS, Miass 456317, Russia, e-mail: anfilogov@mineralogy.ru

Received 18.06.2019, accepted 31.01.2020

**Research subject.** The Karabash ore district is a unique structural zone in the Ural folded system, formed at the joint of the Magnitogorsk and Tagil depressions. The uniqueness of this zone is associated with its specific formation conditions: a Paleozoic copper pyrite belt with a width of about 8 km was squeezed between two blocks of ancient metamorphic rocks. This zone features a classic copper-pyrite deposit represented by steeply dipping ore bodies, which were initially characterized by a gentle dip. Elucidation of the primary geological structure and tectonic evolution of the district presents a relevant research task. **Materials and methods.** A geological cross section of the Karabash district was studied. Particular attention was paid to interactions between Paleozoic volcanic and sedimentary rocks and ultramafic bodies, whose age was determined by the method of zircon U–Pb dating. **Results.** The age of ultramafic bodies in the Karabash district was found to be 430–440 million years. Serpentine blend (mélange) zones having a width of 60m were discovered in the sites of contact between ultramafites and host rocks. Regularities in the location of these zones in the eastern and western parts of the district make them suitable horizon markers for constructing a geological cross section of the Karabash ore district. **Conclusions.** It is established that the Karabash district is represented by a monocline synclinal fold formed by contraction of primary horizontal layers in the direction from east to west. The formation of the *Zolotaya Gora* golden deposit located in the eastern limb of the synclinal fold was associated with tectonic contraction processes.

**Keywords:** Karabash ore district, geological structure, ultramafites, absolute age, copper pyrite belt, synclinal fold

**Для цитирования:** Анфилов В.Н., Кабанова Л.Я., Рыжков В.М., Корекина М.А. (2020) Геологическое строение Карабашского рудного района (Южный Урал). *Литосфера*, 20(5), 682–689. DOI: 10.24930/1681-9004-2020-20-5-682-689

**For citation:** Anfilogov V.N., Kabanova L.Y., Ryzhkov V.M., Korekina M.A. (2020) Geological structure of the Karabash ore district (Southern Urals). *Litosfera*, 20(5), 682–689. DOI: 10.24930/1681-9004-2020-20-5-682-689

ВВЕДЕНИЕ

Карабашский рудный район расположен на южном замыкании Магнитогорского прогиба. На западе район граничит с метаморфическими кварцитами Уфалейского блока, на востоке – с Сысертско-Ильменогорским комплексом, представленным на границе с районом кварц-полевошпатовыми blastомилонитами. Геологическое строение района рассмотрено в работах (Рокчев, 1977; Про-

кин, 1979; Прокин и др., 1985, Спиридонов, Плетнев, 2002). Основное внимание в этих работах уделяется геологическому строению рудовмещающих толщ и рудных тел. Схема геологического строения Карабашского рудного района заимствована из монографии Э.М. Спиридонова и П.А. Плетнева (2002) (рис. 1). Полоса вулканогенно-осадочных пород палеозоя, в которых залегает Карабашское медноколчеданное месторождение, зажата между блоками метаморфических пород рифея, с которы-

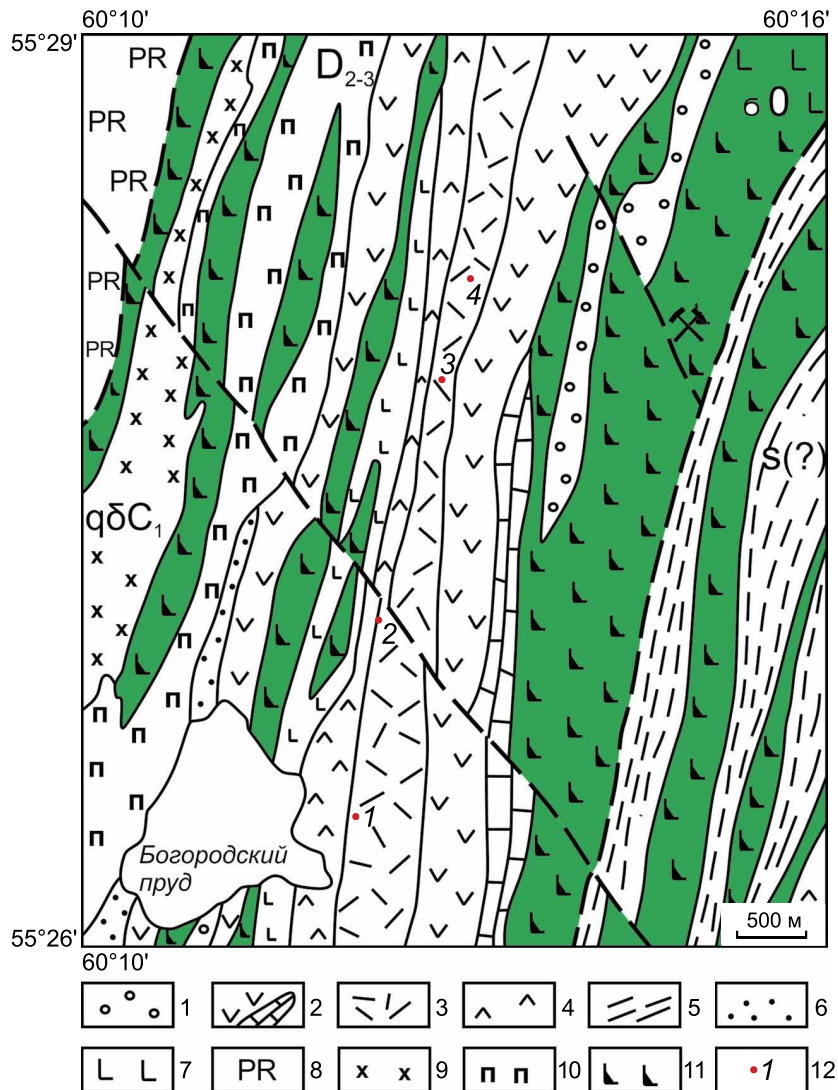


Рис. 1. Схема геологического строения Карабашского рудного района м-б 1 : 50 000.

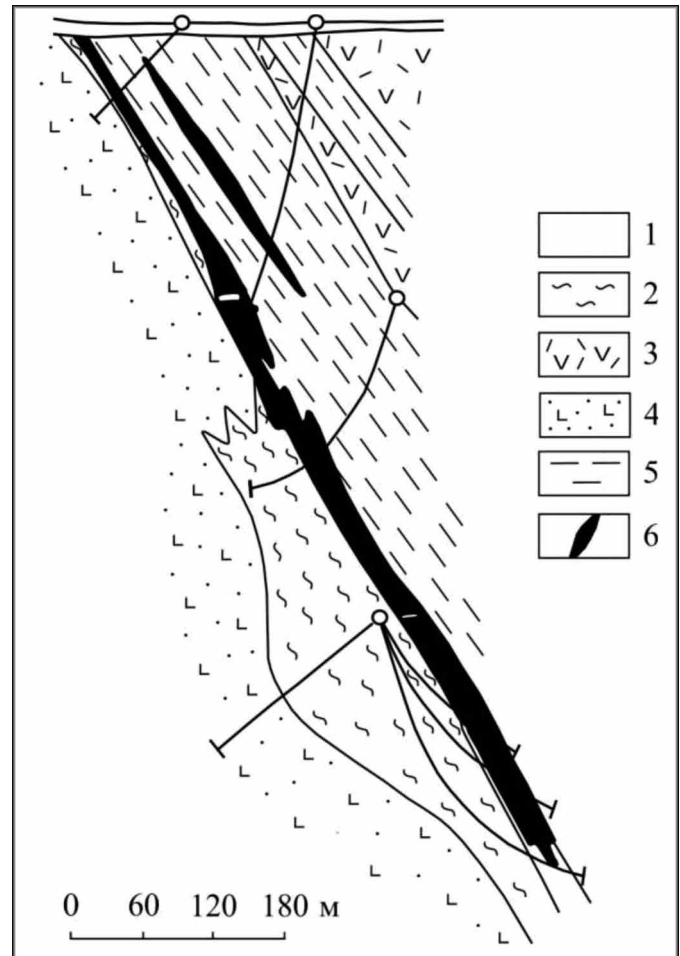
1 – колтубанская свита; 2 – улатауская свита; 3 – карамалыташская свита; 4 – ирендкская свита; 5 – аспидная формация; 6 – зюзельская свита; 7 – поляковская свита; 8 – метаморфический комплекс допалеозойского возраста; 9 – гранодиоритовый комплекс (кварцевые диориты); 10 – агордяшский комплекс (габброиды); 11 – альпинотипные гипербазиты; 12 – медноколчеданные месторождения Карабашского рудного района: 1 – Сталинское, 2 – Северо-Первомайское, 3 – Южное, 4 – Дзержинское. Месторождение Золотая гора отмечено скрещенными молотками.

Fig. 1. Schematic geological map of the Karabashky ore district. Scale 1 : 50 000.

1 – Koltubansky suite; 2 – Ulatausky suite; 3 – Karamalishsky suite; 4 – Irendysky suite; 5 – aspid formation; 6 – Zuzelsky suite; 7 – Poliakovskiy suite; 8 – Rifeian metamorphic complex; 9 – quartz diorite; 10 – gabbroic complex; 11 – alpinotypic hyperbasites; 12 copper deposits: 1 – Stalinskoe, 2 – Severo-Pervomaiskoe, 3 – Yuzhnoe, 4 – Dzerdsinskoe. Deposit “Zolotaya Gora” is displayed in crossed hammers.

ми она имеет тектонические границы. Ниже приводится описание разреза палеозоя. Разрез начинается с толеитовых базальтов, спилитов и кремнистых сланцев (фианитов) поляковской свиты  $O_2$  (см. рис. 1). Стратиграфически выше поляковской свиты залегают лавы основного состава (рис. 2). М.С. Рапопорт отнес эти породы к зюзельской свите  $O_3-S_1$  (Спиридонов, Плетнев, 2002). В восточной части разреза залегают пиритоносные и углисто-глинистые сланцы и алевролиты (см. рис. 2), которые авторы относят к аспидной формации  $S_1$ . Месторождения меди, размещенные в центральной части участка, залегают в вулканогенно-осадочных породах улатауской, карамалыташской, колтубанской и ирендыкской свит, датированных возрастом  $D_{1-2}$  и  $D_{2-3}$  (там же). На рис. 2 приведен разрез месторождения Южное Карабашского района, заимствованный из монографии Е.С. Контаря (2013). В пределах Карабашского рудного района находится несколько тел ультрамафитов, простирание которых совпадает с простиранием вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород (см. рис. 1). Ультрамафиты представлены тектонизированными, в различной степени серпентинизированными гарцбургитами. Ширина выходов наиболее крупного Карабашского массива ультрамафита достигает 2 км (Спиридонов, Плетнев, 2002). Важно отметить, что тела ультрамафитов располагаются только в породах палеозоя и отсутствуют в метаморфических комплексах рифея.

Возраст пород на схеме Э.М. Спиридонова и П.А. Плетнева принят по аналогии с районами, удаленными от Карабашского рудного района, что не позволяет построить корректную схему геологического строения района. Породы  $O_3-S_1$  контактируют на ней с породами  $D_{2-3}$ . Восточнее выходов этих пород на поверхность выходят породы  $O_2$ , а вслед за ними на схеме снова показаны породы девона. Очевидно, что приведенная на рис. 1 схема в лучшем случае отражает литологию, но не геологическое строение Карабашского района. Единственными породами Карабашского рудного района, для которых установлен абсолютный возраст, являются ультрамафиты. Результаты определения абсолютного возраста ультрамафитов Карабашского района приведены в работе А.А. Краснобаева с соавторами (2016). При определении возраста проанализировано 12 фрагментов в 6 кристаллах циркона из дунитов и 10 фрагментов в 5 кристаллах циркона из гарцбургитов. Большинство полученных возрастных значений конкордантно, что свидетельствует об их соответствии истинному возрасту геологических событий. Установленные значения возраста можно разделить на 4 группы:  $(1937 \pm 29)$ – $(1868 \pm 17)$ ,  $(1759 \pm 30)$ – $(1670 \pm 11)$ ,  $(577 \pm 10)$ – $(456 \pm 9)$  и  $(436 \pm 12)$ – $(431 \pm 10)$  млн лет. Приведенная возрастная последовательность указывает на то, что в ультрамафитах периодически



**Рис. 2.** Геологический разрез Южного месторождения, по (Контарь, 2013).

1 – современные отложения; 2 – кварц-серицитовые, кварц-серицит-хлоритовые, кварц-хлоритовые сланцы; 3 – андезит-дациты; 4 – миндалекаменные базальты с прослоями туфопесчаников; 5 – филлитовидные, кварцитовидные углисто-кремнистые сланцы; 6 – рудные тела.

**Fig. 2.** The geological section of the Yusnoe deposit, by (Kontrar', 2013).

1 – Quaternary sediments; 2 – quartz-sericite – chlorite shale; 3 – andesite-dacite; 4 – basalt; 5 – coaly-siliceous shale; 6 – ore bodies.

происходил перезапуск цирконового хронометра. Последний перезапуск произошел при внедрении ультрамафитов. Их внедрение во вмещающие породы является одноактным процессом. Его нельзя разбить на стадии. Поэтому наиболее молодой возраст циркона в дунитах и гарцбургитах соответствует времени их внедрения. Для Карабашского района это  $430 \pm 10$  млн лет. Определение возраста ультрамафитов дает возможность использовать их как возрастные реперы, позволяющие уточнить геологическое строение района.

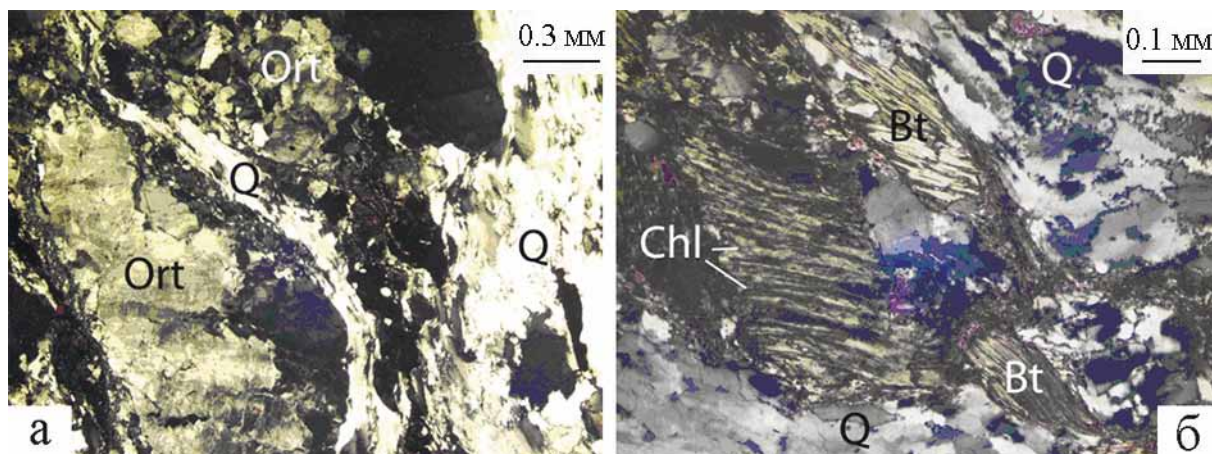


Рис. 3. Кварц-полевошпатовый бластомилонит (микрофотография).

а – зерна новообразованного кварца между линзами, сложенными деформированными зернами ортоклаза; б – деформированные пакеты биотита, местами хлоритизированные. Фото шлифа с анализатором.

Fig 3. Quartz-feldspathic blastomylonite (microphoto).

а – grains of new formed quartz with orthoclase; б – deformed biotite packets, in places chlorinated. Photo section with analyzer.

#### ПЕТРОГРАФИЯ ПОРОД КАРАБАШСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

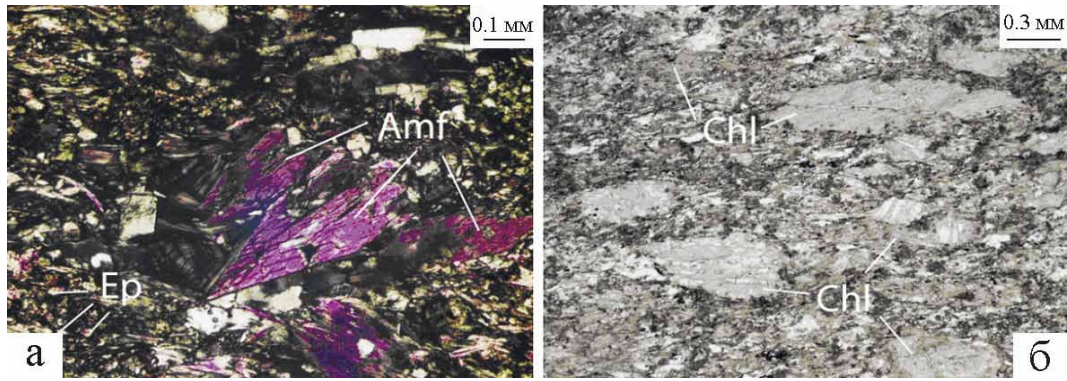
Для уточнения геологического строения Карабашского рудного района по профилю, который протягивается с запада на восток от восточного берега Аргазинского водохранилища до Уфалейского метаморфического комплекса, нами отображены образцы вулканогенно-осадочных пород, петрографическое описание которых приведено ниже. На востоке палеозойские вулканогенно-осадочные породы граничат с рифейскими метаморфическими породами Сысертско-Ильменогорского комплекса (Прокин и др., 1985). Выходы этих пород наблюдаются на восточном берегу Аргазинского водохранилища в районе дамбы. На контакте метаморфические породы превращены в крупнокристаллические кварц-полевошпатовые бластомилониты (рис. 3). В шлифах выделяются крупные линзовидные обособления, сложенные деформированными зернами калиевого полевого шпата (ортоклаза) или парой ортоклаз + кварц. Ортоклаз интенсивно деформирован. Зерна местами расчленены на фрагменты, которые иногда раздроблены, растащены, частично или полностью замещены кварцем (см. рис. 3а). Порфиробласты амфибола также интенсивно деформированы, местами “обжаты”, содержат вкрапленники апатита, титанита, местами эпидота (см. рис. 3б). Интенсивная деформация отражена и в зернах биотита, пакеты которого местами развернуты и сдвинуты относительно исходного положения. Биотит хлоритизирован полностью или частично по трещинам спайности (см. рис. 3б).

Разрез палеозоя начинается с бластомилонита, образовавшегося по амфибол-хлоритовому сланцу. Выходы этих пород наблюдаются на западном берегу водохранилища. Это светло-серая с зеленоватым оттенком порода, интенсивно брекчированная, состоящая из линзовидных обособлений разных оттенков серого цвета. В шлифе порода характеризуется брекчиевой текстурой, гранобластовой структурой основной ткани. Многочисленные линзовидные прослои сложены амфиболом и хлоритом, промежутки между которыми заполнены мелкозернистым агрегатом эпидота, кварца и мелкочешуйчатого хлорита. Амфибол представлен обыкновенной роговой обманкой, образующей удлиненные короткопризматические кристаллы и зерна неправильной формы размером до 0.5–2.0 мм. В некоторых линзах амфибол полностью замещен хлоритом, в других – агрегатной смесью, состоящей из мелких зерен эпидота, хлорита и кварца (рис. 4). Такая же агрегатная смесь, с преобладанием хлоритовой составляющей, обычно находится между линзами.

Западнее, на контакте с амфибол-хлоритовыми сланцами, наблюдаются выходы эпидот-хлорит-кварцевых сланцев (рис. 5), которые на западе сменяются пиритизированными графитистыми сланцами (см. рис. 1, рис. 6).

Пиритизированный графитистый сланец в шлифе характеризуется мелкозернистой, лепидогранобластовой структурой, сланцеватой, полосчатой, местами плейчатой текстурой (см. рис. 6). В породе отчетливо проявлена микрополосчатость, подчеркнутая чередованием тонких кварцевых слоев



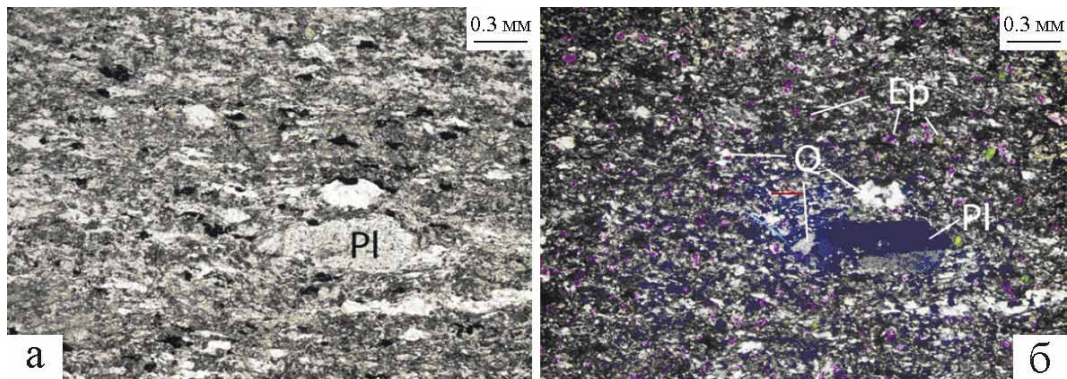


**Рис. 4.** Бластомилонит по амфибол-хлоритовому сланцу (микрофотография).

а – амфибол в линзе; б – хлоритизированный амфибол в линзах с мелкозернистым агрегатом хлорита, эпидота, кварца. Фото шлифа: а – с анализатором, б – без анализатора.

**Fig. 4.** Blastomylonitic of amphibole-chlorite shale (microphoto).

а – lence of amphibole; б – chloritized amphibole with chlorite, epidote and quartz. Photo section: а – with analiser, б – without analiser.

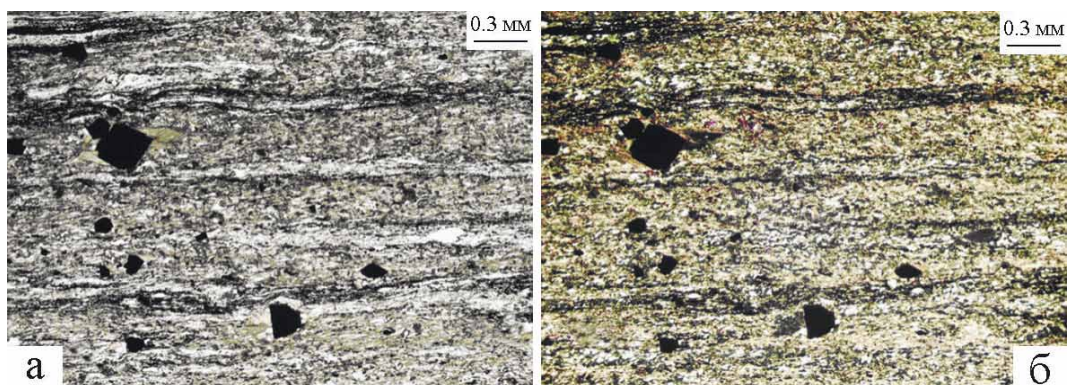


**Рис. 5.** Эпидот-хлорит-кварцевый сланец (микрофотография).

а, б – нематогранобластовая структура, очковая текстура. Фото шлифа: а – без анализатора, б – с анализатором.

**Fig. 5.** Epidote-chlorite-quartz shale.

а, б – nematogranoblast structure, spectacled texture. A photo of the section: а – without analyzer, б – with analyzer.



**Рис. 6.** Графитистый сланец (микрофотография).

а, б – лепидогранобластовая структура, сланцеватая, полосчатая текстура. Фото шлифа: а – без анализатора, б – с анализатором.

**Fig. 6.** Graphite shale.

а, б – lepidogranoblast structure, shale, banded texture. A photo of the section: а – without analyzer, б – with analyzer.



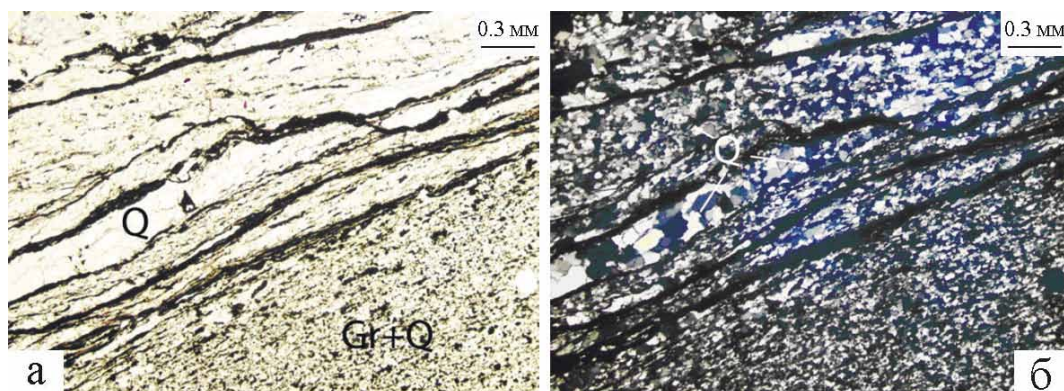


Рис. 7. Биотит-графит-кварцевый сланец (микрофотография).

а, б – графит-кварцевые и кварцевые прослои. Фото шлифа: а – без анализатора, б – с анализатором.

Fig. 7. Biotite-graphite-quartz shale.

а, б – graphite-quartz and quartz interlayers. A photo of the section: а – without analyzer; б – with analyzer.

мощностью 0.1–0.2 мм и слоев, сложенных мелкозернистым агрегатом слюды (биотита и мусковита, часто хлоритизированных), мелких зерен кварца и редких зерен эпидота. Встречаются тонкие слойки, сложенные чешуйками графита и зернами кварца размером менее 0.01 мм. В породе присутствует вкрапленность пирита, представленная идиоморфными зернами размером до 0.5 мм. Некоторые зерна имеют кайму обрастания из биотита, замещенного местами хлоритом. Выходы графитистых сланцев образуют полосу шириной 1700 м. На западе они контактируют с выходами ультрамафитов Золотой горы (см. рис. 1). Выходы аналогичных графитистых сланцев (рис. 7) установлены нами на западе Карабашского района в 2 км восточнее оз. Сребры.

В пределах Карабашского рудного района присутствуют несколько больших и малых тел серпентинизированных ультрамафитов. Наиболее крупное из них – массив Золотая гора (см. рис. 1). Простирается и, очевидно, падение ультрамафитов совпадают с элементами залегания вулканогенно-осадочных пород. На контакте ультрамафитов с вулканогенно-осадочными породами наблюдаются зоны серпентинитового меланжа мощностью до 60 м (рис. 8). Серпентинитовый меланж принципиально отличается от катаклазированных серпентинитов, широко развитых в телах ультрамафитов. Он представлен сцементированными ориентированными обломками серпентинитов. Текстура меланжа свидетельствует о его образовании в процессе течения и пластической деформации. В меланже присутствуют линзы биотит-графит-кварцевых сланцев (рис. 9). Эти особенности текстуры меланжа и наличие в нем линз сланца позволяют считать, что меланж образовался в результате пластического течения вещества ультрамафита при

его внедрении. Макроскопически меланж – это темно-серая, почти черная пятнистая порода, интенсивно будинированная с будинами более темного или более светлого цвета размером от 1–2 до 20–30 см. В шлифе порода представлена антигортитовым серпентинитом с гранобластовой, местами порфиробластовой структурой (рис. 10).

#### СТРУКТУРА КАРАБАШСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

Важной особенностью строения Карабашского рудного района является положение серпентинитового меланжа по отношению к вмещающим породам. На восточном контакте самого крупного тела ультрамафитов на рис. 1 показан разлом, простираение которого совпадает с простираем тел ультрамафитов. При детальном изучении установлено, что это не разлом, а зона серпентинитового меланжа, образованного на контакте тела ультрамафита с графитистым сланцем. Аналогичная зона серпентинитового меланжа мощностью около 60 м установлена на восточном контакте тела ультрамафита, расположенного восточнее Золотой горы (см. рис. 1). Такая же зона наблюдается на западном контакте тела ультрамафита, западнее рудной зоны, в которой залегают Карабашские месторождения меди. Закономерное расположение зон серпентинитового меланжа на контакте тел ультрамафитов позволяет использовать их как маркирующие горизонты при описании структуры Карабашского рудного района. Это дает основание предположить, что Карабашский район представляет собой изоклинальную синклиналию складку, в ядре которой залегают породы рудной зоны, имеющие возраст  $D_1-D_2$ , а ее крылья сложены породами нижнего си-





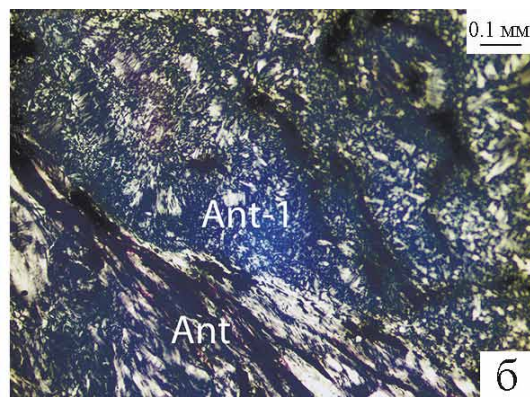
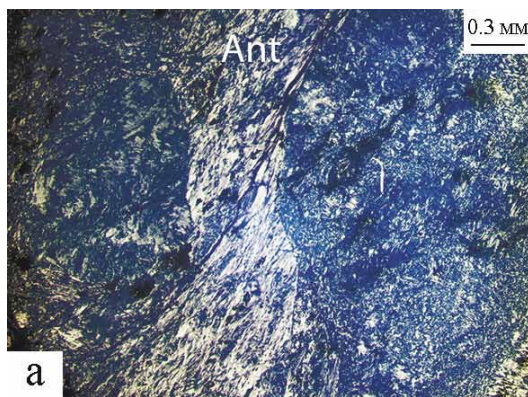
**Рис. 8.** Серпентинитовый меланж на контакте тела ультрамафита с графитистым сланцем.

**Fig. 8.** Serpentinite melange on the contact of the ultramafic body with graphitic shale.



**Рис. 9.** Линза биотит-графит-кварцевого сланца в серпентинитовом меланже.

**Fig. 9.** Lense of biotite-quartz-graphite shale in serpentinite melange.



**Рис. 10.** Структура серпентинитового меланжа на контакте тела ультрамафита с графитистым сланцем (микрофотография).

а, б – пластинчатый антигорит между будинами, гребенчатый в будинах. Фото шлифа с анализатором.

**Fig. 10.** Structure of serpentinite melange on the contact of the ultramafic body with graphitic shale.

а, б – lamellar antigorite-between boudin, comb in boudin (Ant-1). Photo section with analyzer.

лура и телами ультрамафитов. К такому же выводу пришли В.А. Прокин с соавторами (1985), которые считают, что вулканогенные толщи Карабашского рудного района “собраны в синклиналиную складку, западное крыло которой сорвано по Кыштымскому надвигу”.

Попытаемся восстановить первичную, доскладчатую структуру Карабашского рудного района. Будем исходить из того, что колчеданные рудные тела отлагались на дне морского бассейна и первоначально имели горизонтальное залегание (Прокин и др., 1985). Очевидно, что более древние по отношению к породам рудной зоны тела ультра-

мафитов, элементы залегания которых совпадают с элементами залегания рудного тела (см. рис. 1), первоначально также залегали в виде серии горизонтальных пластовых тел. При внедрении твердого пластичного вещества ультрамафита во вмещающие породы в основании тел ультрамафитов был образован серпентинитовый меланж. В верхнем девоне, а скорее, в нижнем карбоне вся эта пачка была сжата в направлении с востока на запад с образованием синклиналиной складки (рис. 11). Рудное тело месторождения Южное (см. рис. 2) залегает в ядре складки. Поскольку при сжатии оно не было деформировано и растащено на части, по его

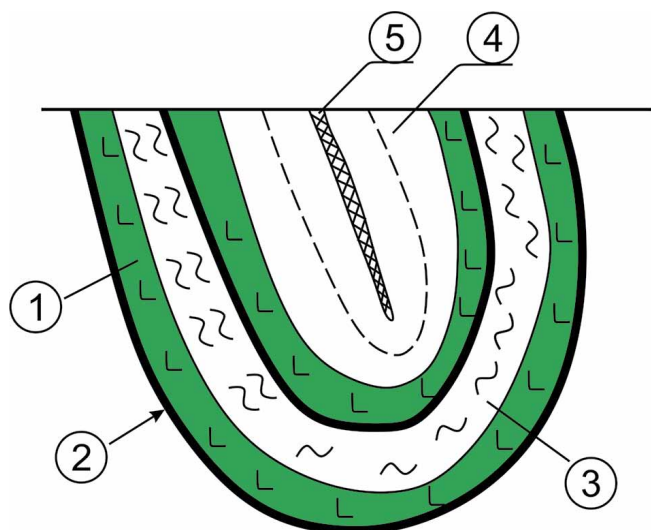


Рис. 11. Возможный идеализированный разрез Карабашского рудного района.

1 – тела ультрамафита, 2 – серпентинитовый меланж, 3 – графитистый сланец, 4 – палеозойские вулканогенно-осадочные породы, 5 – медноколчеданное рудное тело.

Fig 11. The possible idealized section of the Karabashsky ore district.

1 – ultramafic bodies, 2 – serpentinite mélangé, 3 – graphite shale, 4 – Paleozoic volcano-sedimentary rocks, 5 – copper sulphide ore body.

длине можно оценить амплитуду сжатия. При длине тела 1 км она будет равна 2 км.

Полученные значения возраста циркона в родингитах месторождения Золотая гора позволяют установить тектоническую позицию и возраст месторождения. Месторождение расположено в теле ультрамафитов и приурочено к вертикальной тектонической зоне, расположенной в восточном крыле синклинали. Тектоническая зона и месторождение золота образовались в процессе сжатия пород.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Геологическая структура Карабашского рудного района сформировалась в верхнем девоне–нижнем карбоне. Ее образование происходило в три этапа. На первом этапе в осадочные породы нижнего силура внедрились пластовые тела ультрамафитов. На втором этапе сформировалась океаническая кора, сложенная базальтами и кремнистыми породами. Одновременно происходило отложение металлоносных осадков и образование рудных тел медноколчеданных месторождений. На третьем этапе, в верхнем девоне или нижнем карбоне, породы Магнитогорской мегазоны вместе с пластовыми телами ультрамафитов были смяты в синкли-

нальную складку. Сжатие пород происходило в направлении с востока на запад. Амплитуда сжатия составляла около 2 км. Одновременно в тектонической зоне, образованной в восточном крыле складки, было сформировано месторождение медистого золота Золотая гора.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Контарь Е.С. (2013) Геолого-промышленные типы месторождений меди, цинка, свинца на Урале (геологические условия размещения, история формирования, перспективы). Екатеринбург: Изд-во УГГУ 199 с.
- Краснобаев А.А., Вализер П.М., Анфилогов В.Н., Сергеев С.А., Русин А.И., Бушарина С.В., Медведева Е.В. (2016) Цирконология гипербазитов Карабашского массива (Южный Урал). Докл. АН, 469(1), 65-71.
- Прокин В.А. (1979) Закономерности размещения колчеданных месторождений на Южном Урале. М.: Недра, 176 с.
- Прокин В.А., Нечехин В.М., Сопко П.Ф. (1985) Медноколчеданные месторождения Урала. Геологические условия размещения. Свердловск: Изд-во УНЦ АН СССР, 288 с.
- Рокчев С.А. (1977). Геология и структура Карабашских колчеданных месторождений на Урале. Булл. МОИП. Отд. геол., 52(4), 20-37.
- Спиридонов Э.М., Плетнев П.А. (2002) Месторождение медистого золота Золотая гора (о золото-родингитовой формации). М.: Науч. мир, 220 с.

### REFERENCES

- Kontar' E.S. (2013) *Geologo-promyshlennye tipy mestorozhdenii medi, tsinka, svintsa na Urale (geologicheskie usloviya razmeshcheniya, istoriya formirovaniya, perspektivy)* [Geological and industrial types of copper, zinc, and lead deposits in the Urals (geological conditions of location, history of formation, prospects)]. Ekaterinburg, Publishing House of the Ural State Mining University, 199 p. (In Russian)
- Krasnobaev A.A., Rusin A.I., Busharina S.V., Valizer P.M., Anfilogov V.N., Medvedeva E.V., Sergeev S.A. (2016) Zirconology of Karabash massif ultrabases (the Southern Urals). *Dokl. Akad. Nauk*, 469(1), 65-71. (In Russian)
- Prokin V.A. (1979) *Zakonomernosti razmeshcheniya kolchedannykh mestorozhdenii na Yuzhnom Urale* [Patterns of distribution of pyrite deposits in the Southern Urals]. Moscow, Nedra Publ., 176 p. (In Russian)
- Prokin V.A., Necheukhin V.M., Sopko P.F. (1985) *Medno-kolchedannye mestorozhdeniya Urala. Geologicheskie usloviya razmeshcheniya* [Copper-pyrite deposits of the Urals. Geological conditions of accommodation. Sverdlovsk, UNTs AN USSR, 288 p. (In Russian)
- Rokcheev S.A. (1977) Geology and structure of the Karabash pyrite deposits in the Urals. *Bull. MOIP. Ser. Geol.* 52(4), 20-37. (In Russian)
- Spiridonov E.M., Pletnev P.A. (2002) *Mestorozhdenie medistogo zlota Zolotaya gora (o zloto-rodingitovoi formatsii)* [Zolotaya Gora deposit of coppery gold (on the gold-rhodingite formation)]. Moscow, Nauch. Mir Publ., 220 p. (In Russian)