



МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОЛОТОПЛАТИНОПАЛЛАДИЕВЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ СЕВЕРА УРАЛА И ПАЙ-ХОЯ

С. К. Кузнецов, Т. П. Майорова, Р. И. Шайбеков, Н. В. Сокерина, В. Н. Филиппов

Приведены сведения о золотоплатинопалладиевой минерализации Севера Урала и Пай-Хоя. Описаны проявления Чудное, Нестеровское, Озерное. В ассоциации с золотом находятся многие минеральные фазы платины и палладия, в частности, мертиит, атенеит, сперрилит, соболевскит и др. Формирование золотоплатинопалладиевой минерализации происходило на разных этапах геологического развития региона. Важную роль сыграли позднепалеозойские гидротермально-метасоматические процессы, способствовавшие мобилизации и переотложению рудных компонентов.

Ключевые слова: золото, платина, палладий, Полярный Урал, Пай-Хой.

MINERAL COMPOSITION AND GOLD-PLATINUM-PALLADIUM OCCURRENCES FORMATION CONDITIONS IN THE NORTHERN URALS AND PAI-KHOI RANGE

S. K. Kuznetsov, T. P. Mayorova, R. I. Shaybekov, N. V. Sokerina, V. N. Filippov

Data on the gold-platinum-palladium mineralization of the Northern Urals and Pai-Khoi are provided. Such occurrences as the Chudnoye, Nesterovskoye, Ozernoye are described. A number of mineral phases of platinum and palladium, in particular, mertieite, atheneite, sperrylite, sobolevskite etc. are to be in association with gold. Formation of the gold-platinum-palladium mineralization occurred at different stages of the region geological development. An important role has been played by Late Paleozoic hydrothermal-metasomatic processes promoted mobilization and redeposition of the ore components.

Keywords: gold, platinum, palladium, the Polar Ural Mountains, Pai-Khoi Range.

На севере Урала известны золоторудные месторождения и проявления различных формационных типов. Наиболее широко распространены жильные золотосульфидно-кварцевые и золотосульфидные проявления. Рудная минерализация наложена на кварцевые жилы или связана с зонами прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации. В россыпях вместе с золотом встречаются минералы платиновых металлов, относящиеся в основном к ультрабазитовой ассоциации. Вместе с этим в 1980-х гг. в Кожимском районе Приполярного Урала в аллювиальных отложениях обнаружены палладийсодержащее золото и минералы палладия [7 и др.]. Позднее на Полярном и Приполярном Урале выявлены коренные золотоплатиноидные проявления и месторождения [1, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11 и др.].

Проявление Чудное находится в Кожимском районе Приполярного Урала и приурочено к межформационному контакту уралид и доуралид и к осевой зоне Малдинской антиклинали, ориентированной в северо-восточном направлении и осложненной серией разрывных нарушений. Наиболее крупным является Малдинский разлом, протягивающийся на десятки километров. Площадь проявления сложена базальтами и риолитами саблегорской свиты позднего рифея – венда. На северо-западном и юго-восточном флангах месторождения породы саблегорской свиты перекрываются кварцито-песчаниками, гравелитами и конгломератами алькесвожской толщи позднего кембрия – раннего ордовика, которые выше по

разрезу сменяются конгломератами обеизской свиты раннего ордовика. Вдоль многих разрывных нарушений породы метасоматически изменены. Широко развиты кварцевые жилы, в которых присутствуют гематит, мусковит, хлорит, карбонаты, сульфиды.

Золото сосредоточено преимущественно в тонких фукситовых прожилках, секущих риолиты и образующих штокверкоподобные тела, которые тяготеют к зонам рассланцевания и брекчирования риолитов. Прожилки в основном сложены фукситом, иногда в них отмечается высокое содержание алланита. Кроме того, присутствуют и другие минералы, прежде всего альбит, кварц, гематит, титанит, анатаз, лейкоксен, ксенотим, монацит. В виде единичных зерен отмечаются циркон, серебро, цинкохромит, халькопирит, молибденит, акантит, пираргирит, редкоземельные минералы и др. В тесной ассоциации с золотом находятся минералы платиновых металлов: мертиит Pd_5Sb_2 , изомертиит Pd_5AsSb , атенеит $(Pd,Hg)_3As$, самородный палладий, сперрилит $(PtAs_2)$, стибипалладинит Pd_5Sb_3 , самородная платина, стиллуотерит Pd_8As_3 .

Золото в основном мелкое, обычно до 50 мкм, хотя отдельные золотины достигают 8 мм. Форма частиц чешуйчатая с бороздами скольжения, реже таблитчатая, сложная, комковидная. На некоторых зернах наблюдается штриховка в виде параллельных друг другу ступеней, которые, вероятно, являются отпечатками фуксита. Золото бледно-желтое, иногда на золотилах отмечаются пленки красноватого, серого цвета. Встречаются зерна серого цвета, по данным рентгеноструктур-

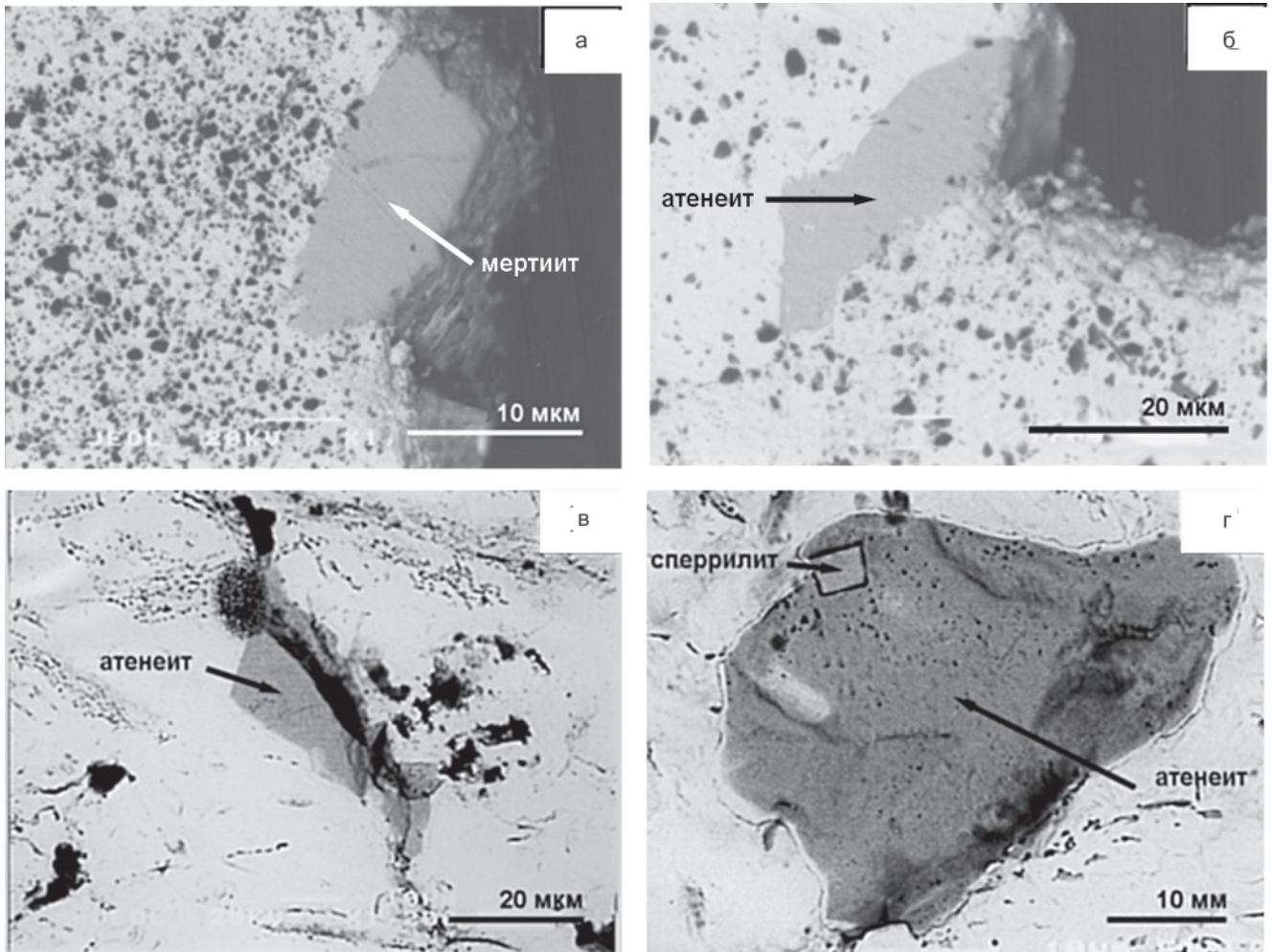


Рис. 1. Выделения мертиита (а) и атенеита (б, в) в золоте (темные участки) месторождения Чудного и включение сперрилита в атенеите (г) (электронно-микроскопические изображения в режиме упруго-отраженных электронов)

ного анализа это золото с пленками предположительно самородного палладия. В виде включений отмечаются тетрааурикуприд AuCu, мертиит (изомертиит), атенеит, стиллуотерит, стибнопалладинит, самородная платина (рис. 1).

По составу золото в пределах проявления неоднородно. Содержание Ag обычно 8,2–11,6, Cu 1,28–3,03 мас. %, нередко встречаются Hg (1,28 мас. %) и Pd (до 1,72 мас. %). Пробность 850–906 ‰. Отмечается золото со сложным внутренним строением, напоминающим структуру распада твердого раствора. На одном из участков проявления установлено золото с повышенным содержанием Ag (до 20–25, иногда до 50,5 мас. %), что отвечает составу электрума. При этом Cu и Hg могут отсутствовать.

Проявление Нестеровское расположено вблизи Чудного в пределах той же Малдинской рудной зоны. Рудная минерализация локализована в терригенных отложениях алькесвожской толщи верхнего кембрия – нижнего ордовика, представленных кварцевыми конгломератами, гравелитами, песчаниками, алевролитовыми сланцами [2 и др.]. Эти отложения залегают на вулканитах кислого и основного состава саблегорской свиты позднего рифея – венда. Мощность толщи

в пределах проявления в среднем 120 м. Весьма характерны пологие складки северо-восточного простирания, осложненные разрывными нарушениями, как крутопадающими, так и пологими, имеющими признаки надвигов. Особенно сильно дислоцированы породы на участке Нестеровский-кар, где прослеживаются довольно крупные нарушения северо-восточного простирания, сопряженные с Малдинским разломом. Во всех породах алькесвожской толщи развиты многочисленные кварцевые жилы, которые обычно выполняют трещины, согласные сланцеватости. Кроме кварца, в них часто присутствуют мусковит, гематит, иногда хлоритоид, хлорит, пирофиллит, альбит, борнит, пирит, хризокolla, лазурит.

Золото встречается в различных породах алькесвожской толщи, однако распределение его весьма неравномерное. Наиболее золотоносны участки осветления и фукситизации пород, связанные с наложенными гидротермально-метасоматическими процессами. Фукситизированные породы характеризуются повышенным содержанием лейкоксена и новообразованных гематита, рутила и ксенотима, хлоритоида. Размер золотин крайне мал – в основном 0,02–0,03 мм, иногда до 2–4 мм. Форма их чешуйчатая, комковидная,

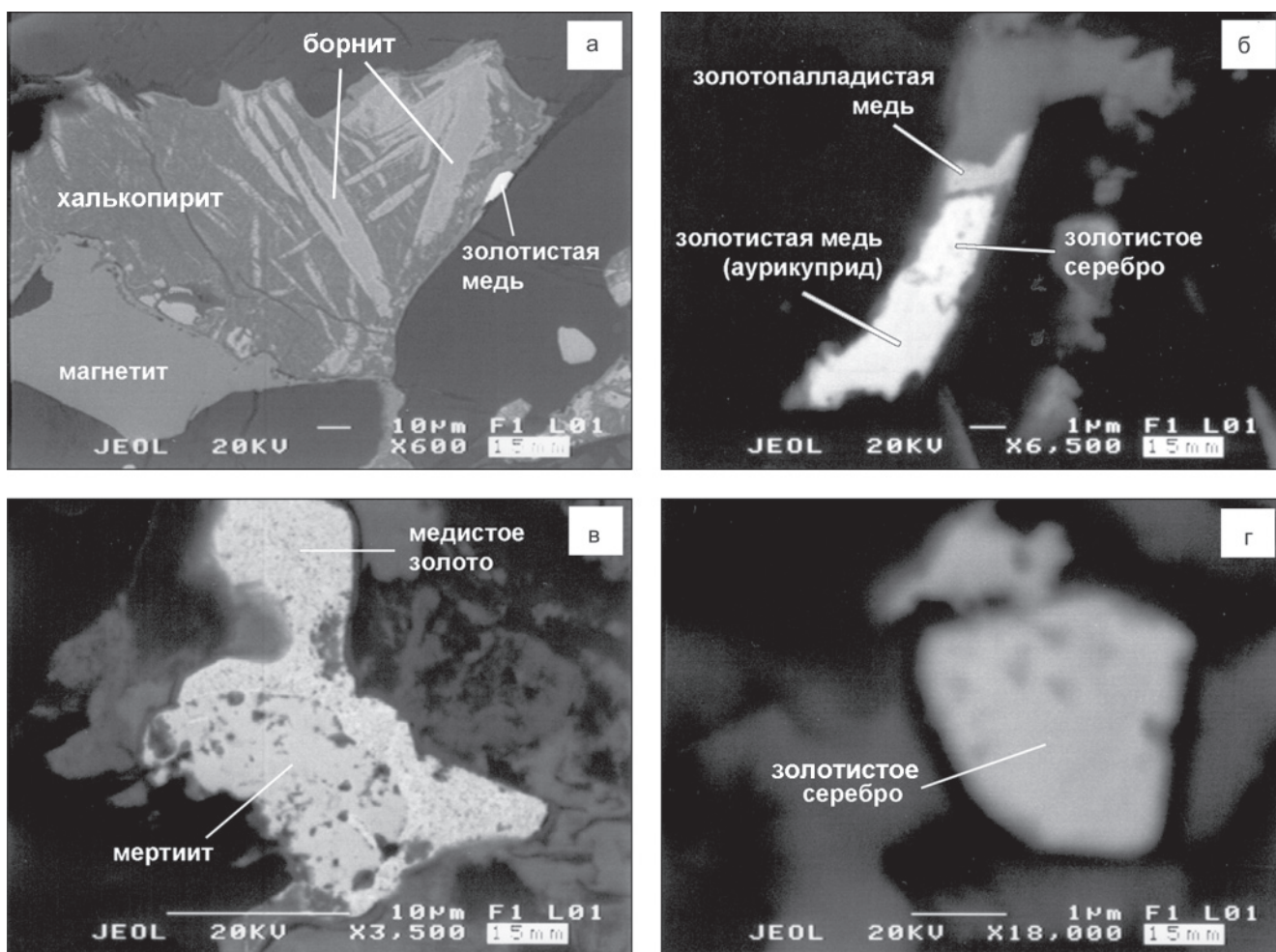


Рис. 2. Минералы золота, палладия, и меди в медно-золотопалладиевых рудах проявления Озерного (изображение в режиме обратно-рассеянных электронов)

сложная с утолщениями и ответвлениями. Цвет желтый, красновато-желтый. На поверхности наблюдаются фигуры роста, каверны, отпечатки и включения серицита, фуксита, гематита, циркона, рутила. В ассоциации с золотом отмечаются минералы палладия, в частности атенеит. По содержанию элементов-примесей золото здесь существенно отличается от золота проявления Чудного: для него характерна Cu (до 3,82 мас. %), при этом Ag присутствует не всегда и в весьма незначительном количестве (до 0,97 мас. %). Отмечаются Pd и Hg. Пробность золота колеблется от 963 до 982, в единичных случаях достигает 998 ‰. Изредка встречается низкопробное золото с высоким содержанием Ag.

Проявление Озерное расположено в северной части Полярного Урала на левобережье р. Малая Хараматалоу и локализовано в ультрабазитах Войкарсыньинского массива. В пределах рудопоявления прослежены две зоны развития сульфидной, преимущественно борнит-халькопиритовой минерализации, вытянутые в северо-восточном направлении. Они тяготеют к расслоенному комплексу пород и локализованы в клинопироксенитах, их оливинных разностях и верлитах. Сульфиды образуют в породах тонкую вкраплен-

ность, реже гнездообразные скопления. Преобладают халькопирит и борнит, реже отмечаются пирротин, кубанит и пентландит, содержащий до 10 мас. % Co. На флангах рудных зон встречается пирит. Выделения борнита и халькопирита часто замещаются ковеллином и халькозином.

Минералы благородных металлов находятся в тесной ассоциации с сульфидами меди, образуя очень мелкие выделения. Они представлены группой интерметаллидов в системах Au–Cu, Au–Pd–Cu и Au–Ag, а также соединениями Pd с Te, Bi и Sb. Золотомедные, золотопалладий-медные и золотосеребряные фазы наблюдаются в виде зерен размером до 10–15 мкм в сростаниях с сульфидами меди или в виде включений в них (рис. 2). Форма зерен изометричная, вытянутая, неправильная. Состав колеблется в широких пределах: от медистого золота до золотистой меди. Содержание Au 39,7–61,2 мас. %, Cu 17,3–54,0 мас. %. Почти всегда присутствуют Ag (до 8,3 мас. %) и Pd (до 6,0 мас. %). В одном из зерен обнаружен Te (2,0 мас. %). Особо следует отметить золотопалладистую медь, отличающуюся достаточно выдержанным составом (мас. %): Cu 63,5–65,7; Pd 16,2–17,2; Au 5,5–9,1; Ag до 2,2. Минералы системы Au–Ag представлены самородным золоти-

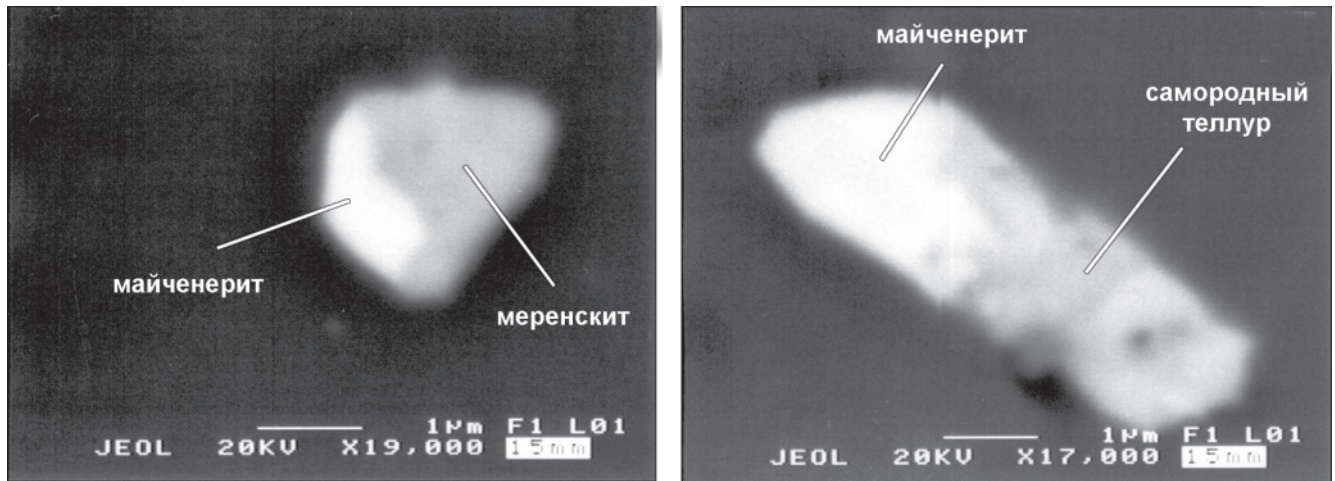


Рис. 3. Мелкие зерна минералов Pd, Te и Bi в медно-золотопалладиевых рудах проявления Озерного (изображение в режиме обратно-рассеянных электронов)

стым серебром. Содержание Ag 81–83 мас. %, Au 15–16 мас. %, Cu и Pd 1 мас. %. Иногда серебра меньше (63 мас. %), а золота больше (35 мас. %), что соответствует составу кюстелита (Ag_3Au).

В сростании с медистым золотом в виде зерна (около 10 мкм) обнаружен мертиит, в состав которого входят Pd (62,1–66,9 мас. %) и Sb (25,5–28,8 мас. %), в незначительном количестве присутствует Cu (2,6–2,8 мас. %). Отмечаются зерна микронной величины, имеющие сложное строение и неоднородный состав, отвечающий системе Pd-Te-Bi. Фиксируется наличие двух фаз, одна из которых является, вероятнее всего, меренскеитом ($Pd, Pt)(Te, Bi)_2$), а вторая – котульскуитом Pd(Te, Bi) (рис. 3). В одном из зерен обнаружен самородный теллур с примесью палладия. Кроме того, устанавливаются брэггит (Pt, Pd)S, сперрилит, мончеит $Pt(Te, Bi)_2$, палладоарсенид Pd_2As , атенеит, маякит $(Pd, Ni)_2As$, соболевскит $Pd(Bi, Te)$, фрудит $PbBi_2$, стибипалладинит и др. [5].

Проявление Маяк находится в южной части Приполярного Урала и, так же как проявления Чудное и Нестеровское, приурочено к зоне межформационного контакта уралид и доуралид, трассирующей крупными разрывными нарушениями. Золото найдено в кварцевых гравелитах и конгломератах алькесвожской толщи, залегающих на риолитах саблегорской свиты. Здесь в делювии обнаружены глыбы песчаников и гравелитов, поверхность которых покрыта корочками и примазками темно-зеленого фуксита. Иногда наблюдаются фукситовые прожилки, секущие гравелиты. В фукситизированных породах и фукситовых прожилках присутствует мелкое и пылевидное золото размером 20–150 мкм. Частицы золота имеют в основном комковатую и неправильную форму с округлыми и угловатыми выступами. Встречаются частицы в виде кристаллов с сохранившейся огранкой, реже отмечаются частицы чешуйчатой, пластинчатой, таблитчатой формы с неровными краями. Поверхность зерен шагреновая, бугорчатая, кавернозная, часто фрагментарно покрыта

пленками гидроксидов железа красновато-бурого цвета. На отдельных зернах видны отпечатки слюд, вероятно фуксита. Цвет золота желтый, бледно-желтый. В ассоциации с золотом в фукситовой массе находится гематит. По данным микрозондового анализа в золоте почти всегда присутствует серебро (до 8,5 мас. %). Во многих случаях обнаруживается Cu (0,7–1,6 мас. %). Иногда отмечаются Pd (1,4–1,7 мас. %) и Hg (0,7 мас. %). Пробность золота 950–999 ‰.

Наряду с отмеченными проявлениями золота и минералы платины и палладия известны в медно-никелевых рудах Пай-Хоя, в хромовых рудах, связанных с Войкарсыньинским, Райизским, Сыумкеусским массивами ультрабазитов на Полярном Урале. Палладийсодержащее золото отмечается в аллювиальных отложениях районов Енгане-Пэ и Оченырда на Полярном Урале, в Щугорском районе Приполярного Урала.

Таким образом, результаты проведенных в последние годы исследований свидетельствуют о довольно широком развитии золотоплатинопалладиевой минерализации на Севере Урала и Пай-Хое. Ее формирование происходило на разных этапах геологического развития региона. Важную роль сыграли позднепалеозойские гидротермально-метасоматические процессы, затронувшие породы разного состава и возраста и, несомненно, способствовавшие мобилизации и переотложению рудных компонентов.

Работа выполнена при финансовой поддержке УрО и ДВО РАН № 12-С-5-1006, Президиума РАН № 12-П-5-1027; УрО РАН 12-5-6-016-АРКТИКА, Президиума РАН АРКТИКА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Благородные металлы** западного склона севера Урала и Тимана [Текст] / С. К. Кузнецов, М. Б. Тарбаев, Т. П. Майорова [и др.]. – Сыктывкар : Геопринт, 2004. – 48 с.
2. **Галанкина, О. Л.** Новые данные о минералогии гидротермального золотоплатиноидного



оруденения Приполярного Урала [Текст] / О. Л. Галанкина, В. В. Гавриленко, И. М. Гайдамако // Зап. ВМО. – 1998. – № 3. – С. 72–78.

3. **Ефанова, Л. И.** Золотоносность и типоморфные особенности минералов алькесвожской толщи на участке Нестеровский [Текст] / Л. И. Ефанова, Н. В. Повонская, И. В. Швецова // Геология Европейского севера России : Тр. Ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН ; вып. 103, сб. 4. – Сыктывкар, 1999. – С. 102–125.

4. **Майорова, Т. П.** Первая находка теллурида палладия (меренскита) в россыпном золоте Приполярного Урала и ее прогнозное значение [Текст] / Т. П. Майорова, В. Н. Филиппов // Докл. РАН. – 2008. – Т. 419, № 6. – С. 813–815.

5. **Малосульфидное** платинометалльное оруденение на Полярном Урале [Текст] / А. М. Пыстин, И. Л. Потапов, Ю. И. Пыстина [и др.]. – Екатеринбург : УрО РАН, 2011. – 152 с.

6. **Малюгин, А.А.** О палладийсодержащем золоте из россыпи зоны рифтогенеза [Текст] /

А. А. Малюгин, В. П. Водолазская, В. А. Вилисов // Ежегодник-1979 / Ин-т геологии и геохимии УНЦ АН СССР. – Свердловск, 1980. – С. 109–110.

7. **Медно-золото-палладиевая** минерализация в ультрабазитах Полярного Урала [Текст] / С. К. Кузнецов, С. А. Онищенко, В. Г. Котельников [и др.] // Докл. РАН. – 2007. – Т. 414, № 1. – С. 71–81.

8. **Новый** золото-палладиевый тип минерализации в Кожимском районе Приполярного Урала [Текст] / М. Б. Тарбаев, С. К. Кузнецов, Г. В. Моралев [и др.] // Геология рудных месторождений. – 1996. – Т. 38, № 1. – С. 15–30.

9. **Озеров, В. С.** Метаморфизованные россыпи золота Приполярного Урала [Текст] / В. С. Озеров // Руды и металлы. – 1996. – № 4. – С. 28–38.

10. **Шумилов, И. Х.** Минералого-технологические особенности Au-Pd-TR оруденения на Приполярном Урале [Текст] / И. Х. Шумилов, Б. А. Осташенко. – Сыктывкар : Геопринт, 2000. – 104 с.

© С. К. Кузнецов, Т. П. Майорова, Р. И. Шайбеков, Н. В. Сокерина, В. Н. Филиппов, 2014