

Никеленосные мафит-ультрамафиты Пристанового коллизионного пояса: условия формирования, минерогения (юго-восточное обрамление Сибирской платформы)

Гурьянов В.А., Кириллов В.Е.

*Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина (ИТуг) ДВО РАН, Хабаровск,
guryanov_v@mail.ru; kirillow.vadim2013@yandex.ru*

Аннотация. В статье систематизированы данные об условиях формирования Пристанового коллизионного пояса. Выделены области распространения никеленосных мафит-ультрамафитов и дана характеристика связанного с ними сульфидного Co-Cu-Ni с PGE оруденения. Рудные тела ассоциируются с телами палеопротерозойских мафит-ультрамафитов в обрамлении троговых прогибов, контролируемых зонами глубинных разломов. Установлено, что ареалы мафит-ультрамафитовых тел довольно четко выделяются литохимическими ореолами и потоками Ni, Cu, Co, Cr, V, Mn, Pt и Pd, пространственно совпадающими с положительными гравитационными аномалиями.

Ключевые слова: Пристановый коллизионный пояс, мафит-ультрамафиты, сульфиды, платиноиды.

Nickeliferous mafic-ultramafic rocks of the Pristanovoy collision belt: conditions for the formation, minerageny (southeastern periphery of the Siberian platform)

Guryanov V.A., Kirillov V.Ye.

*Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences,
Khabarovsk, guryanov_v@mail.ru; kirillow.vadim2013@yandex.ru*

Abstract. The article systematizes data on the conditions for the formation of the Pristanovoy collision belt. The areas are identified where nickeliferous mafic-ultramafic rocks are widespread and the associated sulfide Co-Cu-Ni with PGE mineralization is described. Ore bodies are associated with Paleoproterozoic mafic-ultramafic rocks framed by troughs controlled by deep fault zones. Areas of mafic-ultramafic bodies are found to produce well-defined lithochemical anomalies, that is, dispersion trains and halos of Ni, Cu, Co, Cr, V, Mn, Pt, and Pd spatially coinciding with positive gravity anomalies.

Keywords: Pristanovoy collision belt, mafic-ultramafic rocks, sulfides, PGE.

Введение

В пределах тектонически активизированного обрамления Сибирской платформы, кроме уникальных по запасам и ресурсам никеля, меди и платиноидов месторождений Таймыро-Норильской провинции, располагаются и другие менее известные сульфидные месторождения медно-никелевых руд Восточно-Саянской, Северо-Байкальской и Северо-Становой провинций. Общеизвестно, что все крупные Cu-Ni с PGE месторождения в мире сопряжены, как правило, с зонами континентального рифтогенеза, в которых своеобразные интрузии мафит-ультрамафитов глубинного (мантийного) магматизма являются поставщиками сульфидных руд (Налдретт, 2003). Сульфидные Cu-Ni с PGE месторождения обрамления Сибирской платформы генетически связаны как с интрузиями, так и с вулканитами основного и ультраосновного состава. Возраст их варьируется от протерозоя до мела. Наиболее крупные сульфидные Ni-Cu-PGE месторождения располагаются вдоль окраины северо-западного и юго-западного обрамления Сибирской платформы. Менее известны рудные объекты и месторождения территории Пристанового коллизионного пояса юго-восточного её обрамления, в пределах которого широко распространены ареалы небольших по размерам тел мафит-ультрамафитового магматизма.

В основу представлений о геологическом строении, тектонике и минерогении изучаемой зоны коллизии привлечены данные В.Д. Габышева (2002), а также результаты работ (Ким и др., 1985; Жижин, 1995; Стогний Г.А., Стогний В.В., 1998; Глебовицкий и др., 2008, 2009; Толстых и др.,

2008; Приходько и др., 2009; Гурьянов и др., 2012, 2014, 2022; Поляков, Изох, 2011; Шевченко и др., 2011; Гурьянов, Матвеев, 2018). Объектом наших исследований являются никеленосные мафит-ультрамафиты Пристановой зоны сочленения между Алданской гранулит-гнейсовой и Джугджуро-Становой гранит-зеленокаменной областями Северо-Азиатского кратона, которая представляет собой пакеты смятых в складки тектонических пластин. В настоящее время в пределах Пристанового орогена известно четыре Cu-Ni месторождения: Кун-Маньё, Чинейское, Бурпалинское и Няндоми (рис. 1) (Габышев, 2002; Толстых и др., 2008; Поляков, Изох, 2011; Гурьянов и др., 2014, 2022).

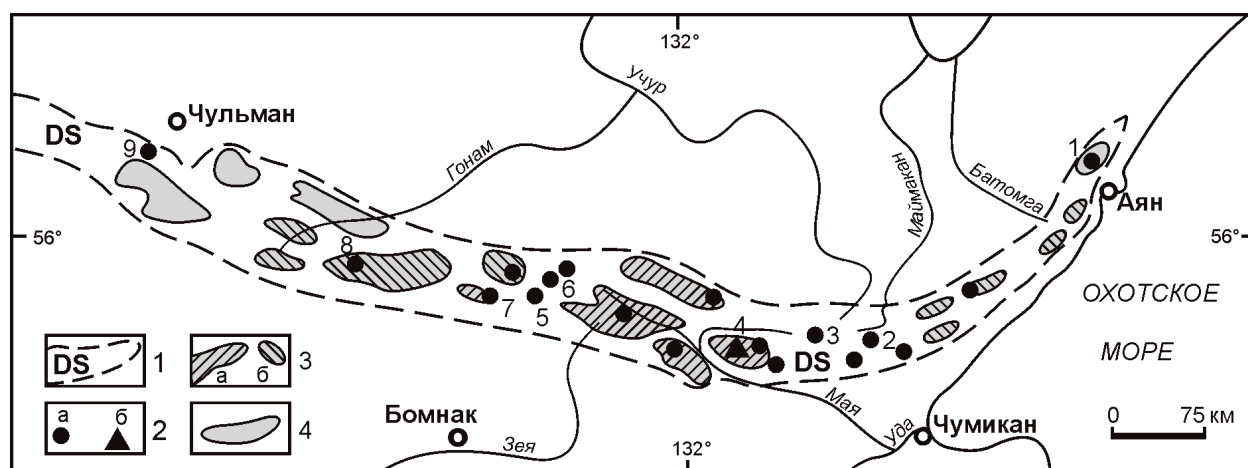


Рис. 1. Схема размещения интрузий никеленосных мафит-ультрамафитов, рудных объектов и литохимических ореолов рассеяния Ni и Cu в пределах Пристанового орогена юго-восточного обрамления Сибирской платформы (Гурьянов и др., 2014).

1 – контуры Пристанового орогена (DS); 2 – кобальт-медно-никелевые рудопоявления (а) и месторождения (б) (1 – Няндоми, 2 – Кэндэкэ, 3 – Богидэ, 4 – Кун-Маньё, 5 – Утук-Макит, 6 – Сатмарское, 7 – Авгенкур, 8 – Танграк, 9 – Бурпалинское); 3 – литохимические потоки никеля и меди по данным геохимической (а) и геологической (б) съёмок; 4 – площади распространения интрузий никеленосных мафит-ультрамафитов.

Fig. 1. Schematic map showing nickeliferous mafic-ultramafic intrusions, occurrences and deposits, and dispersion halos of Ni and Cu within the Pristanovoy orogen along the southeastern periphery of the Siberian platform (Guryanov et al., 2014).

1 – outlines of the Pristanovoy orogen (DS); 2 – cobalt-copper-nickel ore occurrences (a) and deposits (b) (1 – Nyandomi, 2 – Kendeke, 3 – Bogide, 4 – Kun-Manie, 5 – Utuk-Makit, 6 – Satmar, 7 – Avgenkur, 8 – Tangrak, 9 – Burpalinskoe); 3 – dispersion halos of Ni and Cu from geochemical (a) and geological (b) survey data; 4 – nickeliferous mafic-ultramafic intrusions.

Задача работы – обобщение и анализ геолого-геофизических данных по тектонике, условиям формирования и минерализации мафит-ультрамафитов Пристанового коллизионного пояса. Открытие крупного Co-Cu-Ni с PGE месторождения Кун-Маньё (www.tvforex.ru/metal/1914-amur-minerals-poluchit.html) в пределах Джугджурского выступа архейского фундамента на восточном фланге Пристанового орогена свидетельствует об актуальности и важности проводимых исследований в целом.

Результаты исследования, их обсуждение

Условия формирования Пристанового коллизионного пояса

Современная структура Пристановой зоны коллизии часто рассматривается как совокупность гранулитовых блоков разного порядка в пограничной области между Алданской гранулит-гнейсовой и Джугджуро-Становой гранит-зеленокаменной областями (Алакшин, Карсаков, 1985; Глебовицкий и др., 2008, 2009). В целом, структура Пристановой зоны определяется субширотным (протяженностью до 1300 км при ширине от 50 до 100 км) поясом тектонических блоков

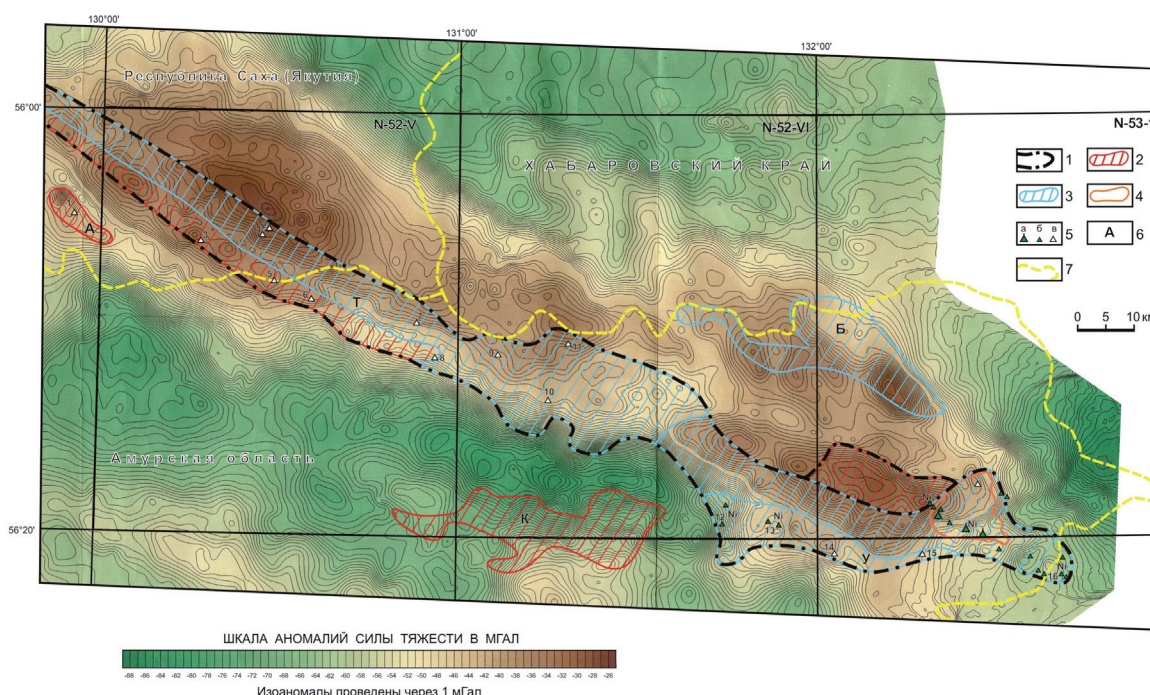


Рис. 2. Гравиметрическая карта в редукции Буге ($b = 2.67$ г/см, уровень условный) Кун-Маньёнской минерагенической зоны (Гурьянов, Матвеев, 2018).

1 – контур Кун-Маньёнской платиноносной Cu-Ni минерагенической зоны; 2 – области распространения крупных тел мафит-ультрамафитов, фиксируемых в поле силы тяжести локальными аномалиями; 3 – области распространения плито- и пластообразных тел и даек мафит-ультрамафитов, фиксируемых в поле силы тяжести заливообразными аномалиями; 4 – литохимические аномалии Ni, выявленные на эталонном объекте при проведении ГС – 200; 5 – а) месторождение Кун-Маньё, б) проявления Ni и Cu Кун-Маньёнского рудного поля, в) проявления и пункты минерализации Ni и Cu в мафит-ультрамафитах Кун-Маньёнской минерагенической зоны; 6 – перспективные площади, рекомендуемые для постановки поисковых работ на сульфидное Cu-Ni с PGE оруденение: Т – Аюмканская, У – Утанакская, К – Купуринская, А – Авгенкурская, Б – Борогонская; 7 – административные границы.

Fig. 2. Bouguer gravity map ($b = 2.67$ g/cm, datum level) of the Kun-Manie mineragenic zone (Guryanov, Matveev, 2018).

1 – outlines of the Kun-Manie platinum-bearing Cu-Ni mineragenic zone; 2 – areas with large mafic-ultramafic bodies causing local gravity anomalies; 3 – areas with plate- and sheet-like bodies and dikes of mafic-ultramafic rocks that give rise to bay-like gravity anomalies; 4 – Ni lithochemical anomalies identified at the reference site by the geological survey, scale 1:200; 5 – a) Kun-Manie deposit, b) Ni and Cu occurrences of the Kun-Manie ore field, c) occurrences and mineralization points of Ni and Cu in mafic-ultramafic rocks of the Kun-Manie mineragenic zone; 6 – areas indicating the exploration potential for sulfide Cu-Ni with PGE mineralization: T – Ayumkanskaya, U – Utanakhskaya, K – Kupurinskaya, A – Avgenkurskaya, B – Borogonskaya; 7 – administrative boundaries.

(с запада на восток – Курультинский, Зверевский, Тангракский, Сутамский, Туксанийский, Джанинский, Джугджурский), сложенных породами алданского гранулитогнейсового мегакомплекса (Глебовицкий и др., 2008; Гурьянов и др., 2014). Мощность блоков изменяется от 2–4 км (Джугджурский) до 7–10 км (Сутамский) (Стогний Г., Стогний В., 1998). На изданных Госгеолкартах м-ба 1: 1000 000 третьего поколения пояс выделяется как Южно-Алданская система гранулитовых блоков. Характер залегания комплексов раннедокембрийских пород в Пристановой зоне указывает на существование в палеопротерозое (1.9–1.8 млрд лет) коллизионной обстановки сжатия (Тектоника..., 2001; Глебовицкий и др., 2008). По простиранию Пристанового орогена вдоль глубинных разломов прослеживаются фрагменты зеленокаменных поясов (Алакшин, Карсаков, 1985). По своему положению и строению они являются троговыми структурами рифтогенного типа с вулканогенно-сланцевым наполнением и изоградой эпидот-амфиболитовой или амфиболитовой фации метамор-

физма (Гурьянов и др., 2012, 2022). Как правило, с такими структурами ассоциируются интрузии никеленосных мафит-ультрамафитов с залежами сульфидных Cu-Ni с PGE руд.

Главные черты глубинного строения Пристановой складчато-надвиговой зоны нашли наиболее полное своё отражение в геофизических полях и глубинных моделях земной коры (Алакшин, Карсаков, 1985; Шевченко и др., 2011). В целом, для неё свойственны интенсивные поясовые гравитационные и магнитные аномалии. Так в гравитационном поле (аномалии в редукции Буге) наиболее изученной Кун-Маньёнской минерагенической зоны отчётливо прослеживаются субширотный осевой максимум и расположенные вдоль него по простиранию линейные минимумы (рис. 2), что характерно для коллизионных поясов (Шевченко и др., 2011).

Сульфидные Co-Cu-Ni с PGE рудные объекты Пристанового орогена

При проведении целенаправленных научно-тематических и поисковых исследований в пределах Пристанового коллизионного пояса установлено, что ареалы и скопления тел никеленосных мафит-ультрамафитов ассоциируются с зеленокаменными трогами, поясами и их фрагментами, являющимися по существу континентальными структурами рифтогенного типа (Габышев, 2002; Гурьянов и др., 2012, 2014 и др.). На картах гравитационного поля ареалы и скопления этих тел характеризуются наиболее высокими значениями, по сравнению с более низким полем гранулитов Пристанового орогена (Гурьянов и др., 2014). Так в гравитационном поле Кун-Маньёнской минерагенической зоны (рис. 2) по заливам изоаномал обособляются ареалы мафит-ультрамафитовых тел, а наиболее крупные их тела фиксируются локальными положительными аномалиями силы тяжести (Гурьянов, Матвеев, 2018). По материалам геохимических съемок (рис. 3) скопления и ареалы малых тел и массивов никеленосных мафит-ультрамафитов довольно четко выделяются литохимическими ореолами и потоками Ni, Cu, Co, Cr, V, Mn, Pt и Pd, пространственно совпадающими с положительными гравитационными аномалиями (Гурьянов, Матвеев, 2018).

Сутамская область скопления интрузий ультрабазитов и ультрамафитов находится в центральной части Пристанового орогена, занимая бассейн верхних течений рек Тимптон, Сутам и Гонам. В массивах и силлах установлена прожилково-вкрапленная сульфидная Cu-Ni минерализация; содержания Ni и Cu не высокие (до 0.21 %). В ультрабазитах присутствует хромит-магнетитовая минерализация вкрапленного типа, редкие зёрна (до 2 мм) сперрилита, самородной платины, изоферроплатины, брэггита, лаурита и иридосмина. Особенности геологического строения массивов и минерализации приведены в работах (Ким и др., 1985; Стогний Н., Стогний В., 1998; Округин и др., 1999). Габышевым В.Д. (2002) в ультрабазитах Тангракского массива установлено присутствие кристаллов сперрилита.

На границе Амурской области, Хабаровского края и республики Саха (Якутия) по результатам поисковых и научно-тематических работ последнего десятилетия выделена Кун-Маньёнская Co-Cu-Ni с PGE минерагеническая зона (Гурьянов и др., 2014, 2022, 2023). В её пределах установлено около 10 линейно вытянутых в северо-западном направлении ареалов малых интрузий мафит-ультрамафитов с сульфидной минерализацией. Из них наиболее перспективно на Cu-Ni с PGE оруденение Кун-Маньённое рудное поле протяженностью 31 км при ширине 1–4 км, с месторождением Кун-Маньё в центральной его части; по запасам Ni – одно из крупнейших в России. По данным Amur Minerals, запасы его по категориям В+С1 оценены в 172.12 млн т руды с содержанием Ni – 1.22 млн т, Cu – 342 тыс. т, Co – 25 тыс. т, Pt – 24.8 т, Pd – 26.8 т (www.tvforex.ru/metal/1914-amur-minerals-poluchit.html). Более подробная информация по Cu-Ni с PGE месторождению и рудному полю приведена в опубликованных статьях (Гурьянов и др., 2022, 2023 и др.).

В наиболее изученном месторождении Кун-Маньё рудные тела с сульфидной Co-Cu-Ni с PGE минерализацией локализованы преимущественно в тальк-серпентин-амфиболовых, хлорит-амфиболовых, амфибол-серпентиновых и тальк-серпентиновых сланцах, в самих мафит-ультрамафитах встречается значительно реже. Главными рудными минералами являются пирротин, пентландит и халькопирит; реже встречаются пирит, марказит, кубанит, борнит, халькозин, сульфоарсениды, арсениды и теллуриды Ni и PGE; в небольших количествах присутствуют магне-

тит, ильменит. Арсениды, ульфоарсениды и теллуриды PGE, Ni, Ag и Bi, самородные золото и серебро установлены в прожилково-вкрапленных, гнездово-вкрапленных и брекчиевых Cu-Ni рудах.

На юге Геранского габбро-анортозитового массива установлены выходы многочисленных силлообразных тел мафит-ультрамафитов с сульфидной минерализацией (рудопроявления Кэндэкэ, Богидэ, Колболок, Ампардак и др.) в приконтактной части его с архейскими метаморфитами и метагабброидами (Приходько и др., 2009). Связанная с ними сульфидная минерализация представлена вкрапленными, массивными и брекчиевыми пирротин-халькопирит-пирит-пентландитовыми рудами. Содержания Ni, Cu и Co в них соответственно варьируются в пределах (в %): 0.52–0.97, 0.29–1.57, 0.095–0.24; концентрации Pt и Pd достигают – 0.2–0.4 г/т.

На северо-восточном фланге Лантарского габбро-анортозитового массива Пристанового орогена встречаются небольшие тела плагиоперидотитов, оливиновых пироксенитов и других разновидностей мафит-ультрамафитов с сульфидной минерализацией. Здесь выявлено месторождение Co-Ni-Cu с PGE руд Нядами и Ni-Cu рудопроявления Авланджинское, Одоринское и ряд др. Характерные особенности их геологического строения, тектоники, петрологии и минерогенеза отражены в работах (Соляник и др., 1999; Приходько, Ситников, 2000; Приходько и др., 2009). Выделены вкрапленные, прожилково-вкрапленные и массивные пирротин-халькопирит-пентландитовые типы руд. Содержания полезных компонентов в массивных рудах (в %): Ni – 0.31–0.95, Cu – 0.1–1.20, Co – 0.07–0.24, Pt – 0.02–2.1 г/т, Pd – 0.02–8.1 г/т, Rh – до 0.85 г/т, Ir – до 0.48 г/т. Наиболее богатые руды установлены в зоне Пирротиновой на месторождении Нядами.

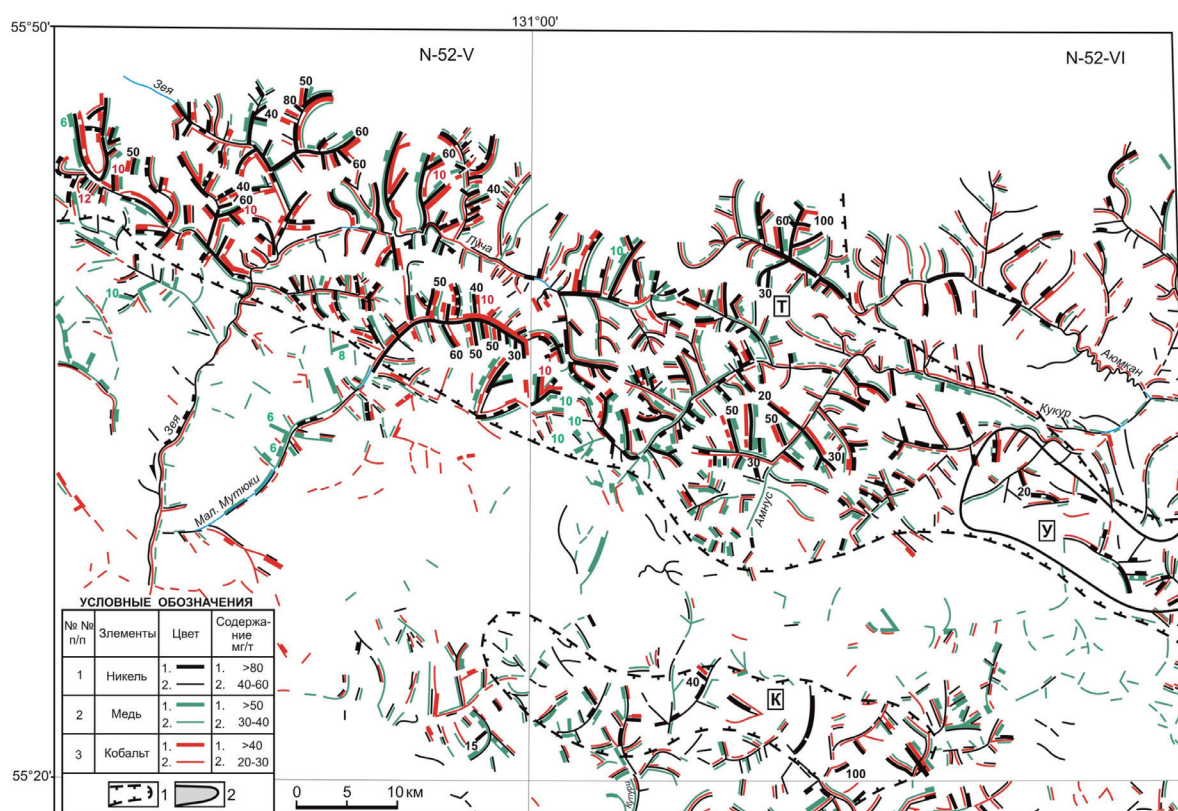


Рис. 3. Фрагмент карты геохимических потоков рассеяния Ni, Co и Cu центральной части Кун-Маньёнской минерогенической зоны (Гурьянов, Матвеев, 2018).

1 – контуры и наименования перспективных площадей: Т – Аюмканская, К – Купуринская, М – Кун-Маньёнская, У – Утанахская, Б – Борогонская; 2 – контуры Кун-Маньёнского рудного поля.

Fig. 3. Fragment of the map showing Ni, Co, and Cu dispersion halos in the central part of the Kun-Manie mineragenic zone (Guryanov and Matveev, 2018).

1 – outlines and names of prospects: T – Ayumkanskaya, K – Kupurinskaya, M – Kun-Manienskaya, U – Utanakhskaya, B – Borogonskaya; 2 – outlines of the Kun-Manie ore field.

В целом, залежи сульфидных Cu-Ni с PGE руд Пристанового орогена ассоциируются с силлами, массивами и дайками позднепалеопротерозойских мафит-ультрамафитов в обрамлении троговых прогибов, контролируемых зонами глубинных (мантийных) разломов. Сульфидная Cu-Ni с PGE минерализация локализована в тальк-серпентин-амфиболовых, хлорит-амфиболовых, амфибол-серпентиновых и тальк-серпентиновых сланцах дислоцированных частей силлов и даек, в незатронутых изменениями мафит-ультрамафитах она встречается значительно реже. В рудах месторождений орогена наблюдается широкий спектр минералов: пирротин, пентландит, халькопирит, пирит, магнетит, ильменит, виоларит, кубанит, миллерит, никелин, борнит, халькозин, бравоит, марказит, герсдорфит, сфалерит, глаукоdot, хизлевудит, мелонит, меренскит, ирарсит, сперрилит, галенит, гессит, штюцит, самородные серебро и золото.

Заключение

В конце палеопротерозоя (от 1.9–1.8 млрд лет) в пределах Пристановой зоны коллизии юго-восточного обрамления Сибирской платформы широко проявились процессы чешуйчато-надвиговых дислокаций, наиболее поздние из которых сопровождалась внедрением интрузий мафит-ультрамафитов, контролирующих размещение сульфидного Co-Cu-Ni с PGE оруденения. Сделан вывод, что внедрение мафит-ультрамафитовых интрузий происходило в обстановке сжатия и связано со становлением поднятия, сформировавшегося в результате чешуйчато-надвиговых дислокаций; отмечается их приуроченность к зонам влияния глубинных (мантийных) разломов центральной части поднятия Пристанового орогена. Характерно, что ареалы и скопления тел мафит-ультрамафитов в пределах орогена ассоциируются с зеленокаменными трогами и их фрагментами, являющимися по существу континентальными структурами рифтогенного типа. По видимому, заложение зеленокаменных троговых структур в зонах шовных дислокаций Пристанового орогена и образование рифтогенных структур кун-маньёнского типа можно рассматривать в качестве элемента пассивной континентальной окраины океанской структуры, некогда разделявшей Становой и Алданский геоблоки.

В связи с открытием одного из крупнейших по запасам Ni (1.22 млн т) месторождения Кун-Маньё все проявления, ореолы и потоки Ni, Cu, Co, Pt и Pd северо-востока Амурской области сгруппированы в Кун-Маньёвскую минерагеническую зону (Ni, Cu, Co, Pt). В её составе выделены Кун-Маньёвский рудный узел и Туксани-Кукурский прогнозируемый рудный район, которые по результатам современных среднемасштабных геохимических и гравиметрических съёмок отчётливо проявили себя как в геохимических так и в гравитационных полях восточного фланга Пристанового орогена.

В наиболее детально изученном месторождении Кун-Маньё рудные тела с сульфидной Co-Cu-Ni с PGE минерализацией локализованы преимущественно в тальк-серпентин-амфиболовых, хлорит-амфиболовых, амфибол-серпентиновых и тальк-серпентиновых сланцах, в самих мафит-ультрамафитах встречается значительно реже. Главными рудными минералами являются пирротин, пентландит и халькопирит; реже встречаются пирит, марказит, кубанит, борнит, халькозин, сульфоарсениды, арсениды и теллуриды Ni и PGE; в небольших количествах присутствуют магнетит, ильменит. Арсениды, ульфоарсениды и теллуриды PGE, Ni, Ag и Bi, самородные золото и серебро установлены в прожилково-вкрапленных, гнездово-вкрапленных и брекчиевых Cu-Ni рудах. Анализ имеющейся информации по юго-восточному обрамлению Сибирской платформы свидетельствует о высокой степени перспективности на Ni, Cu, Co и PGE Пристанового орогена и особенно Кун-Маньёвской минерагенической зоны. Открытие крупного Co-Cu-Ni месторождения «Кун-Маньё» на восточном его фланге свидетельствует о важности и актуальности данной проблемы и высокой эффективности проводимых среднемасштабных гравиметрических и геохимических исследований.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИТиГ им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН.

Литература

1. Алакшин А.М., Карсаков Л.П. Глубинное строение зоны Станового структурного шва // Тихоокеанская геология. 1985. № 3. С. 76–85.

2. Габышев В.Д. Перспективы платинометалльного оруденения в расслоенных массивах и комплексах юга Якутии в связи с новыми геолого-экономическими условиями / Состояние и перспективы развития минерально-сырьевого комплекса Республики Саха в современных условиях: материалы республик. научн.- произв. геол. конф. Якутск: Госкомгеологии РС (Я), 2002. С. 80–86.
3. Глебовицкий В.А., Хильтова В.Я., Козаков И.К. Тектоническое строение Сибирского кратона: интерпретация геолого-геофизических, геохронологических и изотопно-геохимических данных // Геотектоника. 2008. № 1. С. 12–26.
4. Глебовицкий В.А., Котов А.Б., Сальникова Е.Б. и др. Гранулитовые комплексы Джугджуро-Становой складчатой области и Пристанового пояса: возраст, условия и геодинамические обстановки проявления метаморфизма // Геотектоника. 2009. № 4. С. 3–15.
5. Гурьянов В.А., Приходько В.С., Песков А.Ю. и др. Платиноносность никеленосных мафит-ультрамафитов Пристанового коллизийного пояса (юго-восток Сибирской платформы) // Отечественная геология, 2014. № 6. С. 48–55.
6. Гурьянов В.А., Роганов Г.В., Зелепугин В.Н. и др. Изотопно-геохронологические исследования цирконов раннедокембрийских пород юго-восточной части Алдано-Станового щита: новые результаты, их геологическая интерпретация // Тихоокеанская геология. 2012. Т. 31. № 2. С. 3–21.
7. Гурьянов В.А., Матвеев А.В. К вопросу о поисковой эффективности региональных гравиметрических работ на примере Кун-Маньенской минерагенической зоны (юго-восток Сибирской платформы) / Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии: Пятая Всерос. научн. конф. с междунар. участием: сб. докладов. Благовещенск: ИГиП ДВО РАН, 2018. Т. 1. С. 103–106.
8. Гурьянов В.А., Петухова Л.Л., Абражевич А.В., Чубаров В.М., Тихомирова А.И. Геологическая позиция, минералы редких и благородных металлов в рудах медно-никелевого месторождения Кун-Маньё (юго-восточное обрамление Сибирской платформы) // Тихоокеанская геология. 2022. Т. 41. № 6. С. 3–23. DOI: 10.30911/0207- 4028-2022-41-56-3-23.
9. Гурьянов В.А., Петухова Л.Л., Кириллов В.Е. Протерозойские ультрамафитовые дайки кунманьёнского ареала (юго-восток Сибирской платформы) // Тихоокеанская геология. 2023. Т. 42. № 2. С. 62–87. DOI: 10.30911/0207- 4028-2023-42-2-68-87.
10. Жижин В.И. К проблеме поисков никелевого оруденения на Алданском щите // Региональная геология Якутии: сб. научн. статей. Якутск: Изд-во Якутского государственного университета. 1995. С. 127–131.
11. Ким А.А., Лескова Н.В., Волкоморов В.Ф. Состав платиновой минерализации в золотоносных россыпях Верхнетимптонского района // Самородные металлы в изверженных породах. Якутск: ЯНЦ СО-РАН СССР, 1985. С. 114–117.
12. Налдретт А. Дж. Магматические сульфидные месторождения медно-никелевых и платинометалльных руд. СПб.: СПбГУ, 2003. 487 с.
13. Округин А.В., Ким А.А., Избеков Э.Д. и др. Платиноносные россыпи Сибирской платформы и их перспективы // Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов в XXI в. Сб. научн. трудов. Т. III. Кн. 1 и 2. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999. С. 319–333.
14. Поляков Г.В., Изох А.Э. О перспективах расширения докембрийской платиноносной провинции на юге Сибирской платформы // Платина России. Сб. научн. трудов. Т. 7. Красноярск, 2011. С. 264–274.
15. Приходько В.С., Ситников Н.В. Перспективы платиноносности Лантарского габбро-анортозитового массива // Петрография на рубеже XXI века: итоги и перспективы. Материалы второго Всероссийского петрографического совещания. Т. 3. Сыктывкар. 2000. С. 290–291.
16. Приходько В.С., Гурьянов В.А., Петухова Л.Л. и др. Сульфидная медно-никелевая минерализация палеопротерозойских мафит-ультрамафитов юго-востока Алдано-Станового щита // Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей и связанные с ними месторождения. Материалы III Международной конференции, Екатеринбург: ИГГУро РАН. 2009. Т. 2. С. 111–114.
17. Соляник А.Н., Октябрьский Р.А., Ленников А.М. и др. Благороднометалльная минерализация массивных пирротитовых линз в джугджурских анортозитах // Тихоокеанская геол. 1999. Т. 18. № 4. С. 79–84.
18. Стогний Г.А., Стогний В.В. Платиноносность Алдано-Станового щита // Геология рудных месторождений. 1998. Т. 40. № 6. С. 529–535.
19. Толстых Н.Д., Орсов Д.А., Кривенко А.П., Изох А.Э. Благороднометалльная минерализация в расслоенных ультрабазит-базитовых массивах юга Сибирской платформы. Новосибирск: Параллель, 2008. 194 с.
20. Тектоника, геодинамика и металлогения территории республики Саха (Якутия). М.: МАИК «Наука Интерпериодика», 2001. 571 с.
21. Шевченко Б.Ф., Горошко М.В., Диденко А.Н., Гурьянов В.А. и др. Глубинное строение, мезозойская тектоника и геодинамика области сочленения восточной части Центрально-Азиатского пояса и Сибирской платформы // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 12. С. 2122–2131.
22. www.tvforex.ru/metal/1914-amur-minerals-poluchit.html (дата обращения: 12.01.2022).