DOI:10.47765/0869-7175-2023-10008

УДК 553.491 (571.62)
© В. А. Гурьянов, В. Е. Кириллов, 2023

Никеленосность Кун-Маньёнской минерагенической зоны юго-восточного обрамления Сибирской платформы

В статье обобщены результаты работ по никеленосности Кун-Маньёнской минерагенической зоны юго-восточного обрамления Сибирской платформы. Проанализированы материалы современных среднемасштабных гравиметрических и геохимических съёмок. Дана краткая характеристика Cu-Ni с элементами платиновой группы (PGE) руд месторождения Кун-Маньё одноимённого рудного узла и потенциально перспективного на Cu-Ni с PGE оруденение Туксани-Кукурского района. Выделены основные типы руд и их минеральный состав. Рассмотрены перспективы.

Ключевые слова: Кун-Маньёнская минерагеническая зона, мафит-ультрамафиты, Пристановой коллизионный пояс, сульфиды, медно-никелевые руды.

ГУРЬЯНОВ ВАЛЕНТИН АЛЕКСЕЕВИЧ, ведущий научный сотрудник, guryanov_v@mail.ru

КИРИЛЛОВ ВАДИМ ЕВГЕНЬЕВИЧ, старший научный сотрудник, kirillow.vadim2013@yandex.ru

Федеральное государственное унитарное предприятие Институт тектоники и геофизики им. Ю. А. Косыгина (ИТиГ) ДВО РАН, г. Хабаровск

The nickel-bearing potential of the Kun-Manie minerogenic zone in the southeastern framing of the Siberian Platform

V. A. GURYANOV, V. Ye. KIRILLOV

The Yu. Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics, Far East Branch, Russian Academy of Sciences, Khabarovsk

The article summarizes results of researches of the nickel-bearing potential of the Kun-Manie minerogenic zone in the southeastern frame of the Siberian platform. The data of recent medium-scale gravimetric and geochemical surveys were analyzed. A brief characteristics are presented of PGE-containing Cu-Ni ores of the Kun-Manie deposit in the ore cluster of the same name, as well as of the Tuksani-Kukur ore region promising for the PGE-containing Cu-Ni mineralization. The main types of the ores and their mineral composition were determined. The perspectives of the minerogenic zone are considered.

Key words: Kun-Manie minerogenic zone, mafic-ultramafic rocks, Stanovoi collision belt, sulfides, copper-nickel ores.

Введение. Сульфидные медно-никелевые месторождения в земной коре имеют сравнительно небольшое распространение, что определяется исключительными условиями их образования. Они формируются преимущественно на тектонически активизированных платформах и только в связи с гипабиссальными интрузиями основных и ультраосновных пород [2, 3, 13, 22, 23]. С этих позиций несомненный интерес представляют протяжённые маломощные тела никеленосных мафит-ультрамафитов с сульфидной минерализацией Кун-Маньёнской минерагенической зоны, расположенной на восточном фланге Пристанового коллизионного орогена юго-восточного обрамления Сибирской платформы (рис. 1). В результате систематизации, обобщения и анализа фондовых и опубликованных материалов, а также новых данных, полученных при проведении структурно-геологических, металлогенических и геофизических исследований в пределах восточной части Пристанового орогена, обосновано выделение потенциально перспективных на Cu-Ni с PGE оруденение Кун-Маньёнского рудного узла и Туксани-Кукурского прогнозируемого рудного района [7, 9, 10]. В связи с открытием Cu-Ni с платиноидами месторождения Кун-Маньё эта территория рассматривается как Кун-Маньёнская минерагеническая зона (Ni, Cu, Co, Pt), которая, по материалам современных

среднемасштабных геохимических и гравиметрических съёмок, находит своё выражение как в геохимических, так и в гравитационных полях [6, 9]. Изучение силлов и даек никеленосных мафит-ультрамафитов Кун-Маньёнской минерагенической зоны представляют практический интерес как с металлогенической точки зрения, поскольку являются рудоносными объектами с сульфидным оруденением, так и с тектонической как палеопротерозойское звено в цепи эволюции магматизма

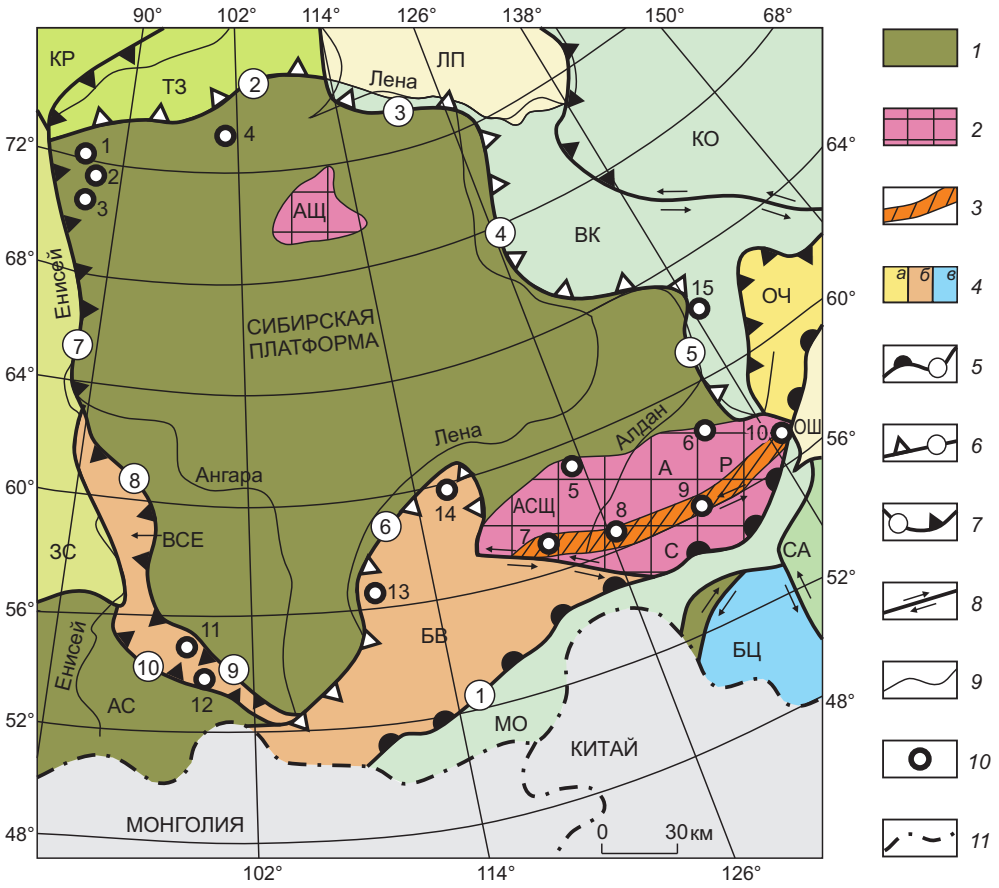


Рис. 1. Геотектоническая позиция PGE-Cu-Ni и PGE месторождений Сибирской платформы и структур её обрамления. *По [8, 20], с изменениями*:

трансрегиональные таксоны: 1 – Сибирская платформа, *2* – щиты древней платформы: АЩ – Анабарский, АСЩ – Алдано-Становой (А – Алданская гранулито-гнейсовая мегазона, С – Становая гранит-зеленокаменная мегазона), *3* – Пристановая складчато-надвиговая (протоколлизионная) зона (Р); *4 – прочие таксоны (цветом показан возраст):* провинции: ЗС – Западно-Сибирская платформенная эпипалеозойская (*а*), ЛП – Лаптевская пассивно-окраинная, ОШ – Охотская шельфовая задуговая, КР – Карская древняя платформа, *области покровно-складчатые:* ТЗ – Таймыро-Североземельская, ВСЕ – Восточно-Енисейская, АС – Алтае-Саянская, БВ – Байкало-Витимская (*б*), МО – Монголо-Охотская, ВК – Верхояно-Колымская, КО – Колымо-Омолонская, БЦ – Буреино-Цзямусинская (*с*), СА – Сихотэ-Алинская, ОЧ – Охотско-Чукотская активно-окраинная область; *5–8 – граничные разломы (номера в кружке): 5* – Монголо-Охотский субдукционный шов (1), *6* – краевые швы: Южно-Таймырский (2), Лено-Анабарский (3), Западно-Верхоянский (4), Нелькано-Кыллахский (5), Прибайкало-Патомский (6), 7 – надвиговые швы: Приенисейский (7), Восточно-Енисейский (8), Присаянский (9), Восточно-Саянский (10), *8* – сдвиговые швы; *9* – геологические границы; *10 – месторождения Ni-Cu-PGE и PGE** (1 – Талнахское, 2 – Октябрьское, 3 – Норильск-1, 4 – Гулинское*, 5 – Инагли*, 6 – Кондёр*, 7 – Чинейское, 8 – Бурпалинское, 9 – Кун-Маньё, 10 – Няндоми, 11 – Кингашское, 12 – Калнинское, 13 – Байкальское (Йоко-Довыренское), 14 – Сухой Лог, 15 – Нежданинское); *11* – государственные границы

юго-восточного обрамления Сибирской платформы. Одной из важных в практическом и теоретическом отношениях является проблема оценки потенциальной никеленосности. Открытие крупного по запасам Cu-Ni с PGE руд месторождения Кун-Маньё [7, 21] на восточном фланге коллизионного пояса свидетельствует об актуальности и важности данной проблемы и проводимых исследований.

Результаты исследования, их обсуждение. В тектоническом развитии восточного фланга Пристанового орогена юго-восточного обрамления Сибирской платформы особое место занимают силлы и дайки палеопротерозойских мафит-ультрамафитов Кун-Маньёнской минерагенической зоны. Свидетельством особого режима формирования орогена является его субширотное простирание, дискордантное по отношению к структурам Алданского и Джугджуро-Станового мегаблоков (см. рис. 1) [2, 4, 5, 18]. В позднем протерозое (1,9–1,8 млрд лет) [5] сжимающие тектонические усилия субширотного направления на уровне промежуточного слоя земной коры вызвали раскол Сибирского кратона по зоне Станового разлома и формирование Пристанового подвижного пояса с земной корой гранулит-гнейсового типа [10, 18, 19]. Эта шовная структура представляет собой гигантскую зону тектонического меланжа, состоящую из тектонических блоков, сложенных архейскими высокобарическими гранулитами и разными по составу магматическими породами, анортозитами и эклогитами [1, 5, 10]. В конце протерозоя здесь широко проявились процессы шарьяжно-надвиговых дислокаций, наиболее поздние из которых сопровождались внедрением мафит-ультрамафитовых силлов и даек, контролирующих размещение сульфидного Cu-Ni с PGE оруденения [11].

Особенности петрографической структуры мафит-ультрамафитов силлов Кун-Маньёнской минерагенической зоны указывает на то, что их становление проходило в тектонически неспокойных условиях [7, 8, 10]. Петрологические и геохимические данные совместно с другими сведениями позволяют отнести их к высокомагнезиальным мафит-ультрамафитам пикрит-толеитовой серии, родоначальными магмами которых были пикробазальтовые магмы [8, 14, 15, 17]. По материалам гравиметрических съёмок масштаба 1:200 000 Верхнезейской и Туксанийской площадей Амурской области, республики Саха (Якутия) и Хабаровского края выделена контрастная положительная аномалия шириной около 40 км, протягивающаяся в юго-восточном направлении более чем на 200 км [6, 10]. Эта аномальная зона является северо-западным продолжением Кун-Маньёнского медно-никелевого рудного узла и при картосоставительских работах была выделена в ранге одноимённой минерагенической зоны [6, 9, 16]. Кун-Маньёнская зона контролируется Туксанийским и Майским глубинными разломами. На современном уровне изученности на территории этой зоны выделены потенциально перспективные на Cu-Ni с PGE оруденение Кун-Маньёнский рудный узел и Туксани-Кукурский прогнозируемый рудный район.

Кун-Маньёнский Cu-Ni рудный узел охватывает западную часть одноимённого массива метагабброидов и прилегающие площади распространения архейских метаморфитов джанинской серии Джугджурского выступа кристаллического фундамента (рис. 2), U-Pb возраст (по цирконам, SHRIMP-11) которых варьируется от 3,13 до 2,8 млрд лет [11]. В его пределах выделены не менее 10 рудных полей, сгруппированных в рудный узел [8, 10]. Из них наиболее продуктивным на промышленное сульфидное Cu-Ni с PGE оруденение является Кун-Маньёнское рудное поле, в центральной части которого расположено одно из крупнейших в России по запасам Ni месторождение Кун-Маньё, разведанное АО «Кун-Маньё» [8, 21]. В плане это рудное поле представляет собой линейно вытянутый на 31 км (шириной 1–3 км) в северо-западном направлении ареал силлообразных и линзовидных интрузий, реже даек мафит-ультрамафитов с сульфидной Cu-Ni минерализацией (см. рис. 2). В строении этого ареала установлены около 160 различных по протяжённости и мощности интрузивов, часто расположенных в несколько ярусов по вертикали. В структурном отношении этот ареал тяготеет к зоне Майского глубинного разлома, разграничивающего Джанинский и Туксанийский блоки кристаллического фундамента. Рассматриваемые тела сложены вебстеритами, плагиовебстеритами, габброноритами и лерцолитами габброноритвебстерит-лерцолитовой формационной принадлежности возрастом 1,76–1,69 млрд лет (U-Pb, циркон) [11]. Следует отметить, что для плагиовебстеритов силла Икэн (см. рис. 2) получены также Sm-Nd изохронные возрасты в 1812 ± 66 и 1850 ± ± 90 млн лет, которые характеризуются T_{Nd} (DM) = = 2,18 млрд лет (E_{Nd} (T) = +2,8 и ±3,5) (ЦИИ ВСЕГЕИ) [8, 11]. В разрезе это полого падающие

(от 5 до 40°) на северо-восток тела мощностью от 0,1 до 120 м при протяжённости от 250 м до 5 км, реже прожилки и протяжённые (до 6 км) дайки мощностью до 120 м. В эндоконтактовых частях силлы представлены хлорит-тальк-амфиболовыми, амфибол-тальк-серпентиновыми или серпентин-амфиболовыми сланцами с сульфидной минерализацией. Приконтактовые их ограничения – зоны бластомилонитизации мощностью от 1 до 18 м – сложены хлорит-плагиклаз-

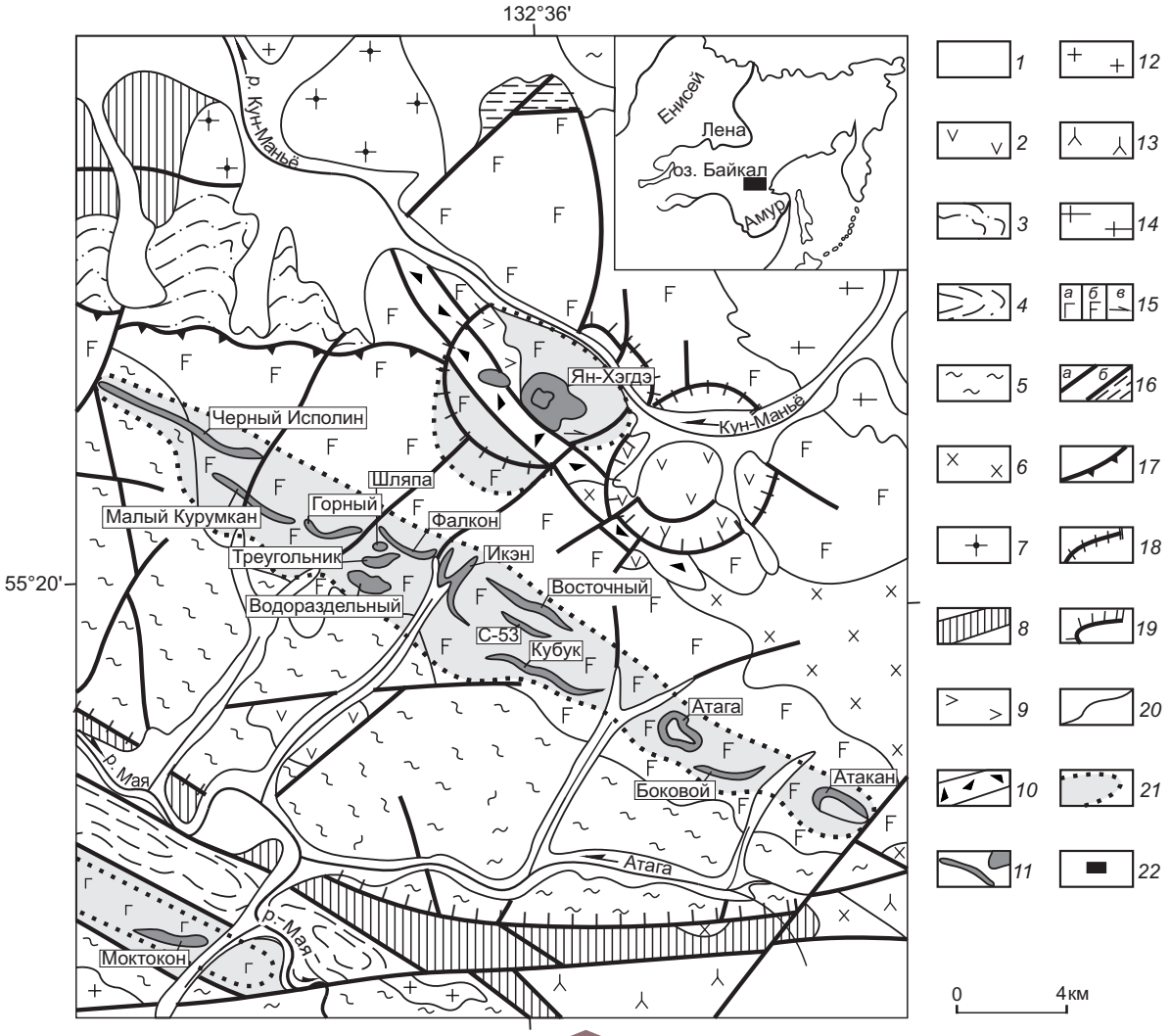


Рис. 2. Схематическая геологическая карта междуречья Кун-Маньё и Мая-Удская (В. А. Гурьянов и др., 2007 г.). *По геологическим данным, предоставленным ЗАО «Кун-Маньё»*:

1 – четвертичные отложения; *2* – меловые эффузивы; *3* – верхнеюрские туфогенно-осадочные образования; *4* – толща палеопротерозойских зелёных сланцев (фрагмент Верхнемайского трогового прогиба); *5* – архейские гнейсы и кристаллосланцы (гранулиты); *6* – меловые гранитоиды; *7–11* – неопалеопротерозойские образования: *7* – гранитоиды, *8* – диафториты и динамометаморфиты зон разломов (на юге – зона Майского глубинного разлома), *9* – лейконориты, *10* – приразломные бластокатаклазиты, *11* – тела мафит-ультрамафитов кун-маньёнского комплекса с сульфидной Ni-Cu минерализацией; *12* – неоархейские граниты; *13* – плагиограниты; *14* – архейские гранитогнейсы; *15* – габброиды архейского возраста: *а* – габбро, *б* – метагаббро, *в* – анортозиты; *16* – разрывные нарушения (*а*) и зоны рассланцевания (*б*); *17* – надвиги; *18* – сбросы; *19* – взбросы; *20* – геологические границы; *21* – контуры ареалов тел мафит-ультрамафитов: I – Кун-Маньёнский (оконтурено рудное поле, тёмно-серым цветом показаны рудные тела и их названия), II – Ян-Хэгдэ и III – Моктокон; *22* – на врезке – район исследований

актинолитовыми и клинопироксен-амфибол-плагиоклазовыми сланцами и микрогнейсами [8]. Пространственная ориентировка сланцеватости в таких зонах и положение заключённых в них силлов и линз мафит-ультрамафитов, как правило, совпадают. Присутствие пластических деформаций в эндоконтактах силлов и во вмещающих метагабброидах и метаморфитах джанинской серии свидетельствует об их становлении в условиях активного тектогенеза. Эти данные позволяют интерпретировать мафит-ультрамафиты как высокотемпературные тектониты, независимо от их глубинной предыстории. По-видимому, ориентированные текстуры возникли в мафит-ультрамафитах, а ещё ранее во вмещающих их метагабброидах и метаморфитах в результате высокотемпературного пластического течения. Особенности внутреннего строения и контактов силлов, часто безкорневых пластообразных тел, являются результатом деформации при внедрении их во вмещающие метагабброиды, толщи гнейсов и кристаллосланцев [8]. Как правило, эти тела трассируют протяжённые с пологими в северо-восточных румбах углами падения тектонические швы отслоения зоны влияния Майского дизъюнктива, одного из сателлитов Станового глубинного разлома [7, 8, 10].

Сульфидное Cu-Ni с PGE оруденение связано с 14 телами осевой части Кун-Маньёнского ареала мафит-ультрамафитов, оконтуренного по результатам поисково-оценочных работ как одноимённое рудное поле (см. рис. 2). Основные запасы Ni и попутных компонентов месторождения Кун-Маньё сосредоточены в рудных залежах, ассоциирующихся с силлами мафит-ультрамафитов: Малый Курумкан, Горное, Треугольник, Шляпа, Фалкон, Икэн, Кубук [8, 21]. Минеральный состав сульфидных руд залежей характеризуется парагенезисом пирротина, пентландита и халькопирита, составляющих в сумме около 80–90 % от общего количества рудных минералов (рис. 3). Пирит и магнетит значительно меньше распространены. Рассчитанные средние содержания основных компонентов в рудных телах месторождения оцениваются: а) оксидов (в мас.%): SiO_2 – 45,11, Al_2O_3 – 8,74, Fe_2O_3 – 13,53, MgO – 18,34, CaO – 5,76; б) цветных металлов (в мас.%): Ni – 0,59–0,84 (при бортовом содержании 0,2), Cu – 0,16–0,22, Co – 0,01–0,02; в) благородных металлов (в г/т): Pt – 0,13–0,23, Pd – 0,14–0,27, Au – 0,06–0,09, Ag – 0,74–1,47 [8, 9, 21]. Сульфидные руды в силлах оконтуриваются в виде пластообразных залежей, как правило, повторяя контуры материнских тел, протяжённость которых варьируется от первых сотен метров до 2,7 км при мощности от 1 до 30, реже до 109 м.

На месторождении по текстурным признакам выделяются четыре типа руд (рис. 4) [10]. *Массивные руды* – тела жильного типа в плоскостях отслоения нижних или верхних частей рудных залежей, реже прожилки во вмещающих породах. Содержания (в мас.%): Ni – 0,72–18,48, Cu – 0,30–1,75, Co – 0,021–0,64, Pt и Pd – 0,50–12,78 г/т и Au – 0,10–7,3 г/т. *Брекчиевые руды* локализованы в зонах тектонических дислокаций. В генетическом отношении они представляют собой оруденелую тектоническую брекчию, в которой роль обломков играют изменённые мафиты, а роль цемента – сульфиды. К сульфидам тяготеют скопления сульфоарсенидов с миллеритом и меренскитом. Концентрации (в мас.%): Ni – 0,89–5,48, Cu – 0,24–2,33, Co – 0,033–0,053, а Ag – 56,5, Pt и Pd – 0,1–2,94 г/т. *Прожилково-вкрапленные и густовкрапленные руды* имеют облик брекчиевидной метасоматической породы. Руды обогащены сульфоарсенидами Ni, арсенидами Pt, теллуридами Pd и Bi, содержат самородные Au и Ag. Содержание (в мас.%): Ni – 0,67–2,56, Cu – 0,12–0,41, а Pt и Pd – 0,05–2,06 г/т. *Тонковкрапленные руды* имеют мелкозернистое строение. Из рудных минералов в них преобладает пирротин; менее распространены халькопирит, пентландит и виоларит; встречаются единичные зёрна магнетита, титаномагнетита. Для них характерны содержания (в мас.%): Ni – 0,32–1,76, Cu – 0,11–0,25, а Pt и Pd – до 0,21 г/т.

В рудах месторождения установлен широкий спектр минералов [7, 8, 10]: пирротин, пентландит, халькопирит, пирит, магнетит, ильменит, виоларит, кубанит, миллерит, никелин, борнит, халькозин, бравоит, марказит, герсдорфит, сфалерит, глаукодот, хизлевудит, палладиевый мелонит, меренскит, ирарсит, сперрилит, галенит, гессит, штютцит, самородные серебро и золото, теллуриды серебра, майченерит ((Pd, Pt)BiTe), мончеит ($Pt(Te, Bi)_2$), котульскит (PdTe), эрлихманит (OsS_2)-лаурит (RuS_2), холингуортит ((Rh, Pt, Pd)AsS). Из породообразующих минералов в составе руд присутствуют амфиболы (тремолит и актинолит от 10 до 40 %), хлорит (от 5 до 35 %), серпентин (от 1 до 50 %), тальк (до 30 %); в меньшей мере – роговая обманка (керсутит), флогопит, реликты ромбического и моноклинного пироксенов, оливина; в небольших

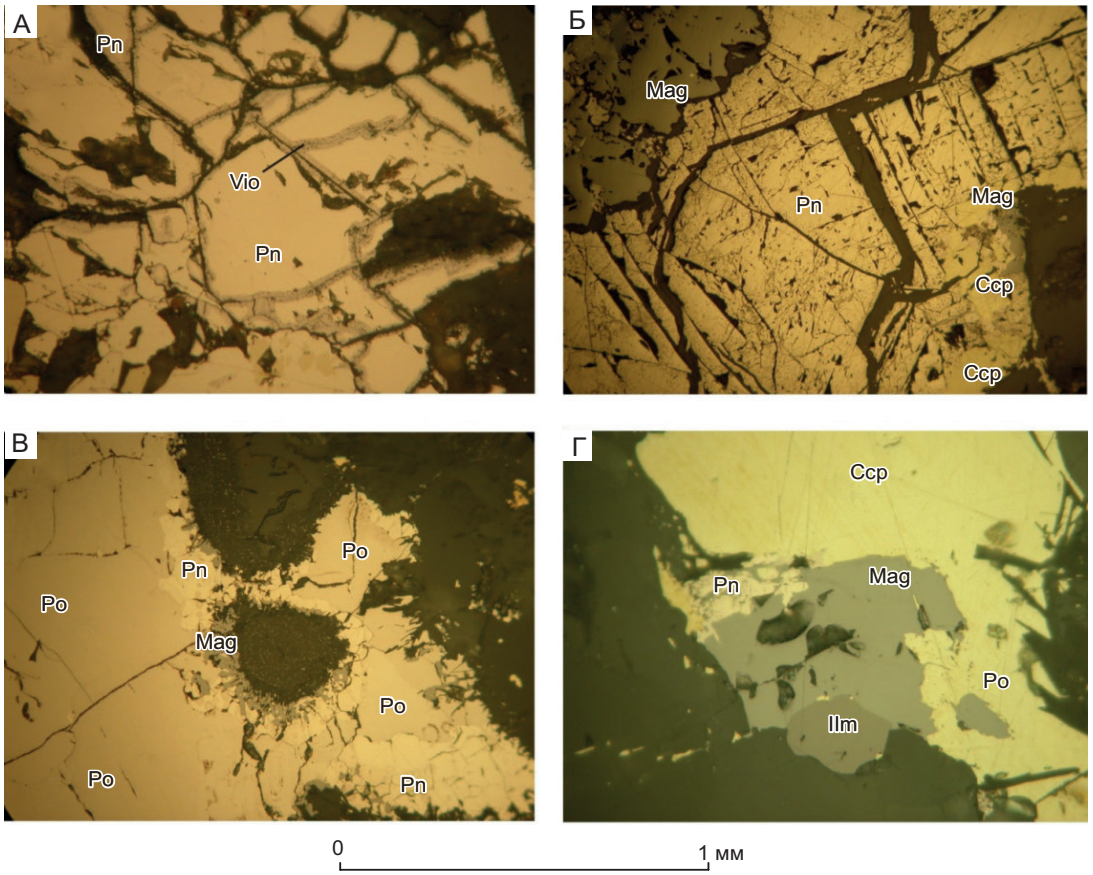


Рис. 3. Характерные взаимоотношения минералов в рудах месторождения Кун-Маньё:

А – пентландит-1 (Pn) замещается по трещинам и границам зёрен виоларитом (Vio); Б – порфировые зёрна пентландита-1 (Pn) замещаются по границам магнетитом-2 (Mag), халькопиритом (Ccp) и пирротином-2 (Po); В – срастания магнетита-2 (Mag) с пентландитом-3 (Pn) и пирротином-2 (Po); Г – срастания ильменита (Ilm), магнетита-2 (Mag) с пирротином-2 (Po) и халькопиритом-2 (Ccp)

количествах – полевые шпаты, кварц, шпинель; редко – титаномагнетит, ильменит, апатит и рутил. В зонах окисления установлены гидроокислы железа, ковеллин, халькозин, борнит и редкие прожилки кварц-сульфидного состава часто с карбонатом и хлоритом, мощностью до 5 мм, характерные для участков с пирит-марказитовой минерализацией.

Балансовые запасы месторождения Кун-Маньё по категориям $B + C_1$ составляют 172,12 млн т руды, Ni – 1,22 млн т, Cu – 342 тыс. т, Co – 25 тыс. т, Pt – 24,8 т, Pd – 26,8 т [10, 23]. Средние содержания компонентов в рудных залежах варьируются (в мас.%): Ni – 0,59–0,84, Cu – 0,16–0,22, Co – 0,01–0,02, S – 1,17–1,67, а Pt – 0,13–0,23, Pd – 0,14–0,27, Au – 0,07 и Ag – 0,73 г/т. Доля богатых руд (Ni > 2 мас.%) составляет не менее 5 %.

Туксани-Кукурский район исследований (см. рисунки 5, 6). По материалам среднемасштабных гравиметрических съёмок, здесь выделена контрастная положительная аномалия шириной около 40 км, протягивающаяся в северо-западном направлении более чем на 200 км (зона) (см. рис. 5) и являющаяся северо-западным продолжением Кун-Маньёнского медно-никелевого рудного узла [6, 9]. Эта аномальная зона контролируется Туксанийским глубинным разломом, который делит её на две части. На северном борту разлома встречаются протяжённые дайко- и силлообразные тела мафит-ультрамафитов с тонкой вкрапленностью сульфидов, слабофиксируемые редкой сетью гравиметрических наблюдений. К югу от разлома выявлены локальные гравиметрические аномалии, обусловленные изометричными в плане телами

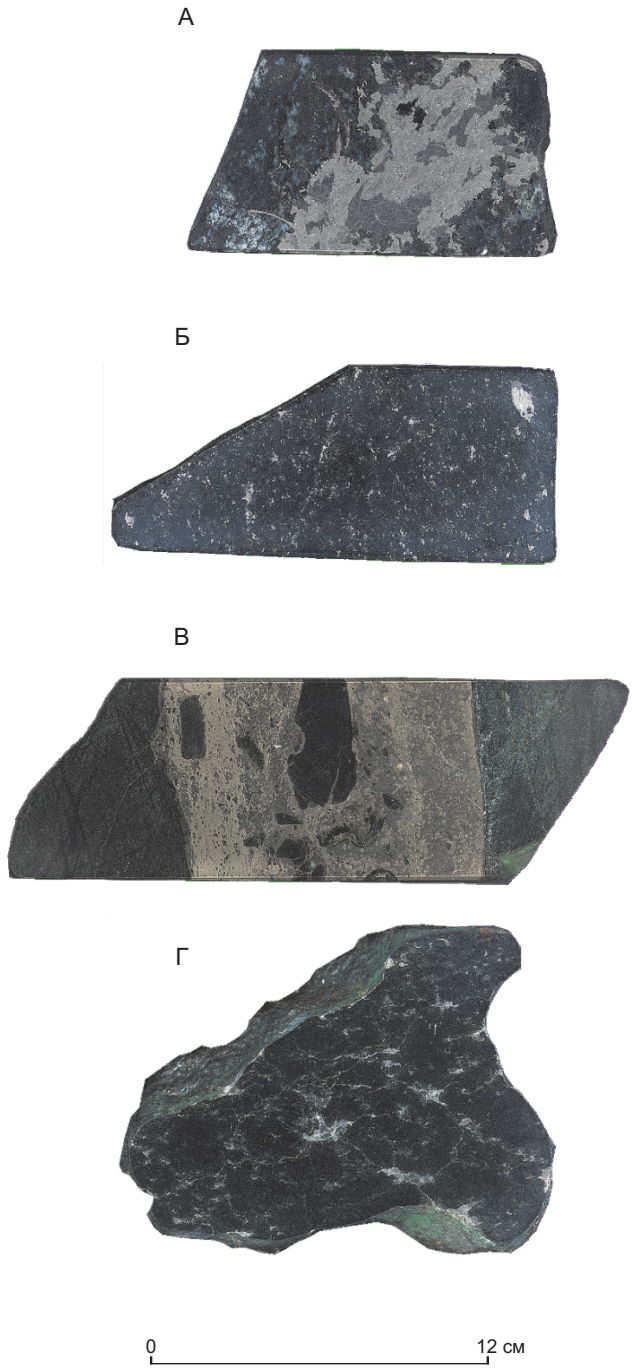


Рис. 4. Типы Cu-Ni руд месторождения Кун-Маньё:

А – пирротин-пентландитовые руды в плагиовебстеритах залежи Икэн (проба 793, содержания Ni – 0,78 мас.%); Б – вкрапленные руды залежи Треугольник (проба 633, содержания Ni – 1,57 мас.%); В – брекчиевидные пирротин-пентландитовые руды с обломками вебстеритов, рудное тело Икэн (проба 780, содержания Ni – 1,04 мас.%); Г – прожилково-вкрапленные руды залежи Треугольник (проба 651, содержания Ni – 1,43 мас.%)

никеленосных (Ni до 0,76 мас.%) мафит-ультрамафитов с сульфидной вкрапленностью [6, 9]. Наиболее контрастная аномалия установлена в бассейне р. Авгенкур (лист N-52-IV), где в ультрамафитах одноимённого массива В. Д. Габышевым в 1981 г. выявлены и прослежены на глубину значительные интервалы вкрапленных сульфидных медно-никелевых руд (ЭПГ до 0,61 г/т и Ni до 0,68 мас.%) [2]. Установлено, что гравиметрические аномалии на местности соответствуют штокам, дайко- и силлообразным телам вебстеритов, плагиовебстеритов, гарцбургитов и кортландитов, часто с тонко рассеянной вкрапленностью (1–5 %) сульфидов (пирротин, пентландит, халькопирит). По петрофизическим, минералого-петрографическим особенностям и химизму эти породы обнаруживают сходство с мафит-ультрамафитами месторождения Кун-Маньё. Для никеленосных кортландитов Туксани-Кукурского района по циркону получен U-Pb возраст (SHRIMP, ЦИИ ВСЕГЕИ) в 1,843 млрд лет (ГДП-200/2 листов N-52-V, -VI, отв. исп. Е. В. Мальчушкин, 2022 г., редактор В. А. Гурьянов).

При интерпретации геофизических аномалий весьма чётко выделяются участки, насыщенные плитообразными телами, а также штоками пироксенитов и перидотитов, трассируемых потоками рассеяния Ni, Co, Cu и Pt [2, 6]. В гравитационном поле по заливам изоаномал обособляются участки, насыщенные силлами ультрамафитов. Наиболее крупные тела мафит-ультрамафитов фиксируются локальными положительными аномалиями силы тяжести (см. рис. 5). При выделении площадей использовались данные гравиметрии и магниторазведки, результаты заверочных геолого-поисковых маршрутов и геохимические критерии (см. рис. 6) – потоки рассеяния Ni, Co, Cu, Pt и Pd, выявленные предыдущими исследованиями (В. В. Домчак и др., 1996) [16]. На юго-восточном фланге Туксани-Кукурского района в междуречье Елан и Караялах правыхпритоков р. Мая при заверке потоков рассеяния Ni, Cu, Co, Pt и Pd В. А. Гурьяновым (2006, 2007 гг.) и Ю. П. Потоцким (2010 г.) установлено широкое распространение сульфидной Cu-Ni с PGE минерализации. Пространственно потоки рассеяния приурочены к телам ультрамафитов мощностью от 50 до 150 м, сгруппированные в вытянутый (до 40 км) в северо-западном направлении ареал шириной 3–5 км на юго-западном борту зоны Майского глубинного разлома. Сульфидная медно-

никелевая минерализация встречается в виде вкрапленности рудных минералов в пикритовых, такситовых и мелкозернистых роговообманковых вебстеритах и плагиовебстеритах и прожилково-вкрапленной минерализации в породах нижних горизонтов силлов, а также в виде брекчиевых руд в изменённых ультрамафитах нижних эндоконтактовых частей силлообразных интрузий. Главные рудные минералы: пирротин, пентландит, халькопирит, пирит, борнит, магнетит, кубанит (?), бравоит, хизлевудит и милерит. В приконтактовых минерализованных частях силлов содержания рудных элементов достигают (в мас.%): Ni – 1,11, Cu – 0,33, Co – 0,11, Cr – 0,5, а Pt – 0,6–1,45 г/т, Pd – 0,4 г/т, Au – 0,05 г/т (метод ICP-MS, ХИАЦ ИТИГ ДВО РАН, г. Хабаровск).

В пределах Туксани-Кукурского района (зоны) выделены пять перспективных площадей на сульфидное платиноидно-медно-никелевое оруденение: Аюмканская, Авгенкурская, Купуринская, Утанахская и Борогонская (см. рисунки 5, 6) [6, 9]. Изученность их слабая.

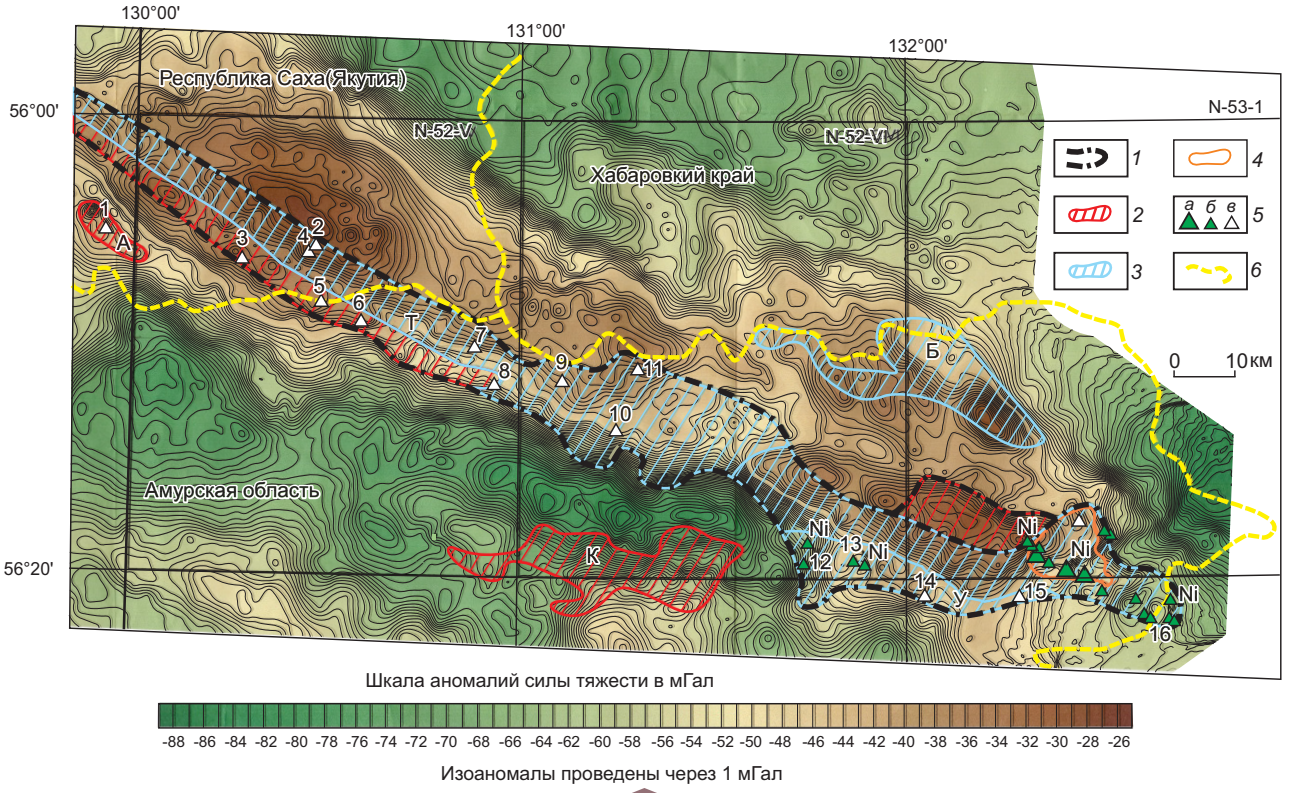


Рис. 5. Гравиметрическая карта в редукции Буге (σ = 2,67 г/см, уровень условный) Кун-Маньёнской минерагенической зоны. *По данным А. В. Матвеева, 2016 г. [6, 9]*:

1 – контур платиноидно-медно-никелевой минерагенической зоны; *2–3* – области распространения интрузий мафит-ультрамафитов: *2* – крупных тел, фиксируемых в поле силы тяжести локальными аномалиями, *3* – силлов и даек, фиксируемых в поле силы тяжести заливообразными аномалиями; *4* – литохимические аномалии Ni, выявленные на эталонных объектах при проведении ГС-200; *5* – месторождения и проявления: а – месторождение Кун-Маньё, *б* – проявления Ni и Cu Кун-Маньёнского рудного поля, *в* – проявления Ni и Cu в мафит-ультрамафитах Кун-Маньёнской минерагенической зоны (по данным: 1 – Габышев В. Д., 1981, 2002 гг.; 2 – Казмин Ю. Б. и др., 1960 г.; 3–7, 9–10 – Матвеев А. В., 2014, 2015 гг.; 8 – Васюкович С. С., 1991 г.; 12–13 – Потоцкий Ю. П, 2010 г.; 11, 13–16 – Гурьянов В. А., 2005–2008, 2009 гг.; *6* – административные границы; перспективные площади, рекомендуемые для постановки поисковых работ на сульфидное медно-никелевое с платиной оруденение: Т – Аюмканская, У – Утанахская, К – Купуринская, А – Авгенкурская, Б – Борогонская

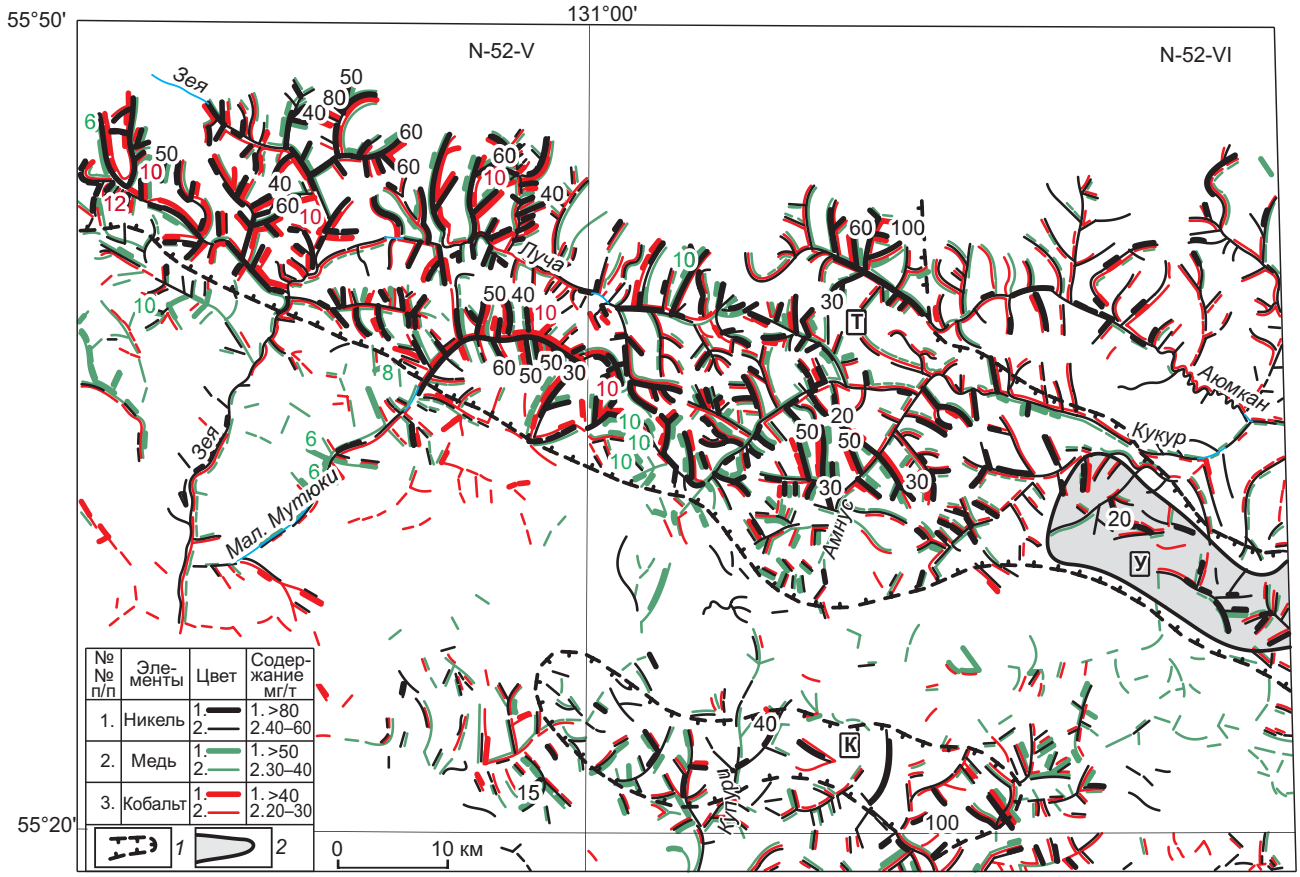


Рис. 6. Фрагмент карты геохимических потоков рассеяния Ni, Co и Cu центральной части Кун-Маньёнской минерагенической зоны. *По данным В. В. Домчака, 1996 г., с изменениями по [8, 9]*:

перспективные площади: *1* – Аюмканская (Т), Купуринская (К), *2* – Утанахская (У)

В целом Кун-Маньёнской минерагенической зоне свойственны интенсивные поясовые гравитационные и магнитные аномалии [1, 6, 10]. В гравитационном её поле (аномалии в редукции Буге) выделяются субширотный осевой максимум и расположенные вдоль него линейные минимумы (см. рис. 5). Осевой линейный максимум на всём протяжении соответствует поясу выходов на дневную поверхность пород гранулитовой фации, насыщенных роями линейно вытянутых в субширотном направлении силлов и даек мафит-ультрамафитов палеопротерозойского возраста. Полосовое положение глубинных гранулитов с многоярусными мафит-ультрамафитовыми телами, подтверждённое геологическими методами [1, 6, 7], сохраняется с глубиной и даже становится более чётко выраженным. Эталонным объектом для прогнозной оценки Туксани-Кукурского района был выбран расположенный с востока Кун-Маньёнский рудный узел с разведанным месторождением Кун-Маньё (см. рис. 2). Согласно произведённым расчётам для пяти перспективных площадей суммарные прогнозные ресурсы категории P_3 этого рудного района площадью 2700 км^2 составили: Ni – 3088 тыс. т, Cu – 1235 тыс. т, Pt и Pd – 309 т (А. В. Матвеев, «Пояснительная записка к паспорту Туксанийского рудного района…», ОАО «Дальгеофизика», 2015 г.) [6].

Геолого-структурная позиция силлов и даек мафит-ультрамафитов Кун-Маньёнской минерагенической зоны (см. рис. 2) носит цепочечный характер и ассоциируется с Верхнемайской и Туксанийской зонами шовных дислокаций [6, 9, 10]. По своему положению и строению эта зона является фрагментом зеленокаменной троговой структуры рифтогенного типа с вулканогенно-сланцевым

наполнением и изоградой эпидот-амфиболитовой фации метаморфизма [6, 10]. Силлы и дайки мафит-ультрамафитов кун-маньёнского комплекса и генетически связанные с ними проявления сульфидной Cu-Ni с PGE минерализации контролируются зонами Майского и Туксанийского глубинных разломов и оперяющими их дизъюнктивами [6, 8, 9]. Такие троговые структуры в пределах Пристанового орогена обычно рассматриваются как эродированные корни гранит-зеленокаменного пояса или как структуры, сформированные в зоне субдукции, коллизии и мобильно проницаемой зоне [1, 3, 18, 19]. По всей вероятности, заложение зеленокаменной троговой структуры в зоне шовных дислокаций глубинных разломов и накопление в ней осадочно-вулканогенных толщ, то есть образование рифтогенной структуры кун-маньёнского типа [8], можно рассматривать в качестве элемента (фрагмента) пассивной континентальной окраины океанской структуры, некогда разделявшей Становой и Алданский геоблоки [4, 7, 10].

Заключение. Анализ имеющейся информации по юго-восточному обрамлению Сибирской платформы свидетельствует, несомненно, о высокой степени перспективности Кун-Маньёнской минерагенической зоны на Ni, Cu, Co и PGE, которая объединяет потенциально перспективные одноимённый рудный узел и Туксани-Кукурский рудный район, связанные с мафит-ультрамафитовыми комплексами пород (см. рисунки 5, 6). При интерпретации геофизических аномалий уверенно выделяются участки, насыщенные силлами, штоками и дайками мафитов и ультрамафитов, трассируемых потоками рассеяния Ni, Cu, Co, Pt, Pd, Cr. По заливам изоаномал в гравитационном поле обособляются ареалы и отдельные тела мафит-ультрамафитов. Наиболее крупные интрузии фиксируются локальными положительными аномалиями силы тяжести. С учётом региональных и локальных факторов никеленосности Туксани-Кукурского района выделяются площади, перспективные на сульфидное PGE-Cu-Ni оруденение: Аюмканская, Авгенкурская, Купуринская, Утанахская, Борогонская (см. рисунки 5, 6) [6, 9]. В пределах Аюмканской площади первоочередной интерес на выявление крупного сульфидного медно-никелевого объекта представляет Елан-Караелахская зона. При этом минерально-сырьевой потенциал только Кун-Маньёнского месторождения, без учёта прилегающих территорий, составляет более одного миллиона тонн никеля, что может послужить базой для строительства крупного горнодобывающего или горно-металлургического предприятия.

В рудах наблюдается довольно устойчивый парагенезис рудных минералов: пирротин, пентландит и халькопирит; реже магнетит, ильменит, кубанит; в изменённых рудах присутствуют пирит, марказит, виолларит, миллерит, борнит, халькозин и бравоит; реже арсениды, сульфоарсениды, теллуриды Pd и Pt и самородные элементы группы Ag и Au. Наиболее высоки их концентрации в брекчиевых и прожилково-вкрапленных рудах.

Ареалы и рои интрузий мафит-ультрамафитов и генетически связанные с ними проявления сульфидной Cu-Ni с PGE минерализации Кун-Маньёнской минерагенической зоны контролируются, как правило, зонами влияния Майского и Туксанийского (Туксани-Майского) глубинных разломов восточной части Пристанового орогена. По своему положению и строению ареалы силлов и даек никеленосных мафит-ультрамафитов могут рассматриваться как эродированные корни зеленокаменной троговой структуры рифтогенного типа с фрагментами вулканогенно-сланцевого наполнения, сохранившегося в Верхнемайской зоне шовных дислокаций, которую можно рассматривать в качестве элемента пассивной континентальной окраины океанской структуры, некогда разделявшей Джугджуро-Становой и Алданский геоблоки.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБУН ИТиГ ДВО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алакшин А. М., Карсаков Л. П.* Глубинное строение 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 (Якутия) в современных условиях : материалы республиканской научно-производственной геологической конференции. – Якутск : Госкомгеологии РС (Я), 2002. – С. 80–86.
3. *Геодинамика*, магматизм и металлогения Востока России. В 2-х кн. Кн. 2 / Под ред. А. И. Ханчука. – Владивосток : Дальнаука, 2006. – С. 573–981.

4. *Глебовицкий В. А., Котов А. Б., Сальникова Е. Б., Ларин А. М., Великославинский С. Д.* Гранулитовые комплексы Джугджуро-Становой области и Пристанового пояса: возраст, условия и геодинамические обстановки проявления метаморфизма // Геотектоника. – 2009. – № 4. – С. 3–15.
5. *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.
6. *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 Всероссийская научная конференция. Сборник докладов. – Благовещенск : ИГиП ДВО РАН, 2018. – Т. 1. – С. 103–106.
7. *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.
8. *Гурьянов В. А., Петухова Л. Л., Кириллов В. Е.* Палеопротерозойские ультрамафитовые дайки Кун-Маньёнского ареала (юго-восток Сибирской платформы): структурное положение, состав и обстановка формирования // Тихоокеанская геология. – 2023. – Т. 42, № 2. – С. 68–87.
9. *Гурьянов В. А., Петухова Л.Л., Приходько В.С., Матвеев А. В., Вельма А. М., Алексеев М. И., Кременецкий М. И.* Оценка перспектив никеленосности юго-восточного обрамления Сибирской платформы // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии : четвёртая Всероссийская научная конференция : сборник докладов. – Благовещенск : ИГиП ДВО РАН, 2016. – Т. 1. – С. 48–51.
10. *Гурьянов В. А., Приходько В. С., Песков А. Ю., Петухова Л. Л., Пересторонин А. Н., Косынкин А. В.* Платиноносность никеленосных мафит-ультрамафитов Пристанового коллизионного пояса (юго-восток Сибирской платформы) // Отечественная геология. – 2014. – № 6. – С. 48–56.
11. *Гурьянов В. А., Роганов Г. В., Зелепугин В. Н., Розинов М. И., Салтыкова Т. Е.* 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.
12. *Жижин В. И.* К проблеме поисков никелевого оруденения на Алданском щите // Региональная геология Якутии : сборник научных статей. – Якутск : Изд-во Якутского госуниверситета, 1995. – С. 127–131.
13. *Лихачёв А. П.* Платино-медно-никелевые и платиновые месторождения. – М. : Эслан, 2006. – 496 с.
14. *Мишкин М. А., Ленников А. М., Вовна Г. М., Бадединов З. Г., Октябрьский Р. А.* Геохимия и исходная природа метабазит-эндербитовой ассоциации Джугджурского блока (Алданский щит) // Геохимия. – 2007. – № 6. – С. 608–623.
15. *Приходько В. С., Петухова Л. Л., Гурьянов В. А., Чубаров В. М.* Петрология малых тел никеленосных мафит-ультрамафитов юго-востока Алдано-Станового щита // Тихоокеанская геология. – 2020. – Т. 39, № 2. – С. 46–65.
16. *Роганов Г. В., Кременецкая Н. А., Яковлева Е. А.* Карта полезных ископаемых и минерагенического районирования Приамурья, Западного Приохотья, о. Сахалин и прилегающих к ним участков дна Охотского и Японского морей масштаба 1:1 000 000 с пояснительной запиской / Ред. Г. В. Роганов. – Хабаровск : ФГУП «Дальгеофизика», 2009. – 88 с.
17. *Степанов В. А.* Платиноидно-медно-никелевые провинции Северо-Азиатского кратона // Региональная геология и металлогения. – 2013. – № 56. – С. 78–87.
18. *Стогний Г. А., Стогний В. В.* Платиноносность Алдано-Станового щита // Геология рудных месторождений. – 1998. – Т. 40, № 6. – С. 529–535.
19. *Стогний Г. А., Стогний В. В.* Подвижные пояса Алдано-Станового щита – индикаторы реологического состояния земной коры // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 1999. – № 5. – С. 129–135.
20. *Тектонический* кодекс России / Глав. ред. А. Ф. Морозов, ответ. ред. Н. В. Межеловский. – М.–СПб. : Министерство природных ресурсов и экологии РФ; Федеральное агентство по недропользованию (РОСНЕДРА); Межрегиональный центр по геологической картографии (ГЕОКАРТ), 2016. – 240 с.
21. *Ernst R. E.* Large Igneous Provinces. – Cambridge : Cambridge University Press, 2014. – 653 p.
22. *Naldrett A. J.* Magmatic Sulfide Deposites : geology, geochemistry, and exploration. – Berlin : Springer, 2004. – 727 p.
23. *Amur* Minerals Corporation [Электронный ресурс]. – URL: https://amurminerals.com/kun-manie-nickel-cupper-sulphide-teo-results/ (дата обращения: 12.01.2022).

REFERENCES

1. *Alakshin A. M., Karsakov L. P.* Glubinnoye stroyeniye Stanovogo strukturnogo shva [Deep structure of the Stanovoy structural seam]. Tikhookeanskaya geologiya, 1985, No. 3, pp. 76–85. (In Russ.)
2. *Gabyshev V. D.* Perspektivy platinometall'nogo orudeneniya v rassloyennykh massivakh i kompleksakh yuga Yakutii v svyazi s novymi geologo-ekonomicheskimi usloviyami [Prospects for platinum-metal mineralization in layered massifs and complexes in the south of Yakutia in connection with new geological and economic conditions]. Sostoyaniye i perspektivy razvitiya mineral'no-syr'yevogo kompleksa Respubliki Sakha (Yakutiya) v sovremennykh usloviyakh : materialy respublikanskoy nauchno-proizvodstvennoy geologicheskoy konferentsii, Yakutsk, Goskomgeologii RS (YA) publ., 2002, pp. 80–86. (In Russ.)
3. *Geodinamika,* magmatizm i metallogeniya Vostoka Rossii. V 2 kn. Kn. 2 [Geodynamics, magmatism and metallogeny of the East of Russia. In 2 books. Book 2]. ed. A. I. Khanchuk, Vladivostok, Dal'nauka publ., 2006, pp. 573–981. (In Russ.)
4. *Glebovitskiy V. A., Kotov A. B., Sal'nikova Ye. B., Larin A. M., Velikoslavinskiy S. D.* Granulitovyye kompleksy Dzhugdzhuro-Stanovoy oblasti i Pristanovogo poyasa: vozrast, usloviya i geodinamicheskiye obstanovki proyavleniya metamorfizma [Granulite complexes of the Dzhugdzhur-Stanovoy region and the near Stanovoy belt: age, conditions and geodynamic settings of metamorphism]. Geotektonika, 2009, No. 4, pp. 3–15. (In Russ.)
5. *Glebovitskiy V. A., Khil'tova V. Ya., Kozakov I. K.* Tektonicheskoye stroyeniye Sibirskogo kratona: interpretatsiya geologo-geofizicheskikh, geokhronologicheskikh i izotopno-geokhimicheskikh dannykh [Tectonic structure of the Siberian craton: interpretation of geological-geophysical, geochronological and isotope-geochemical data]. Geotektonika, 2008, No. 1, pp. 12–26. (In Russ.)
6. *Gur'yanov V. A., Matveyev A. V.* K voprosu o poiskovoy effektivnosti regional'nykh gravimetricheskikh rabot na primere Kun-Man'yenskoy minerageniches-koy zony (yugo-vostok Sibirskoy platformy) [On the issue of prospecting efficiency of regional gravimetric works on the example of the Kuhn-Man'en mineragenic zone (southeast of the Siberian platform)]. Voprosy geologii i kompleksnogo osvoyeniya prirodnykh resursov Vostochnoy Azii, 5 Vserossiyskaya nauchnaya konferentsiya, sbornik dokladov, Blagoveshchensk, IGiP DVO RAN publ., 2018, V. 1, pp. 103–106. (In Russ.)
7. *Gur'yanov V. A., Petukhova L. L., Abrazhevich A. V., Chubarov V. M., Tikhomirova A. I.* Geologicheskaya pozitsiya, mineraly redkikh i blagorodnykh metallov v rudakh medno-nikelevogo mestorozhdeniya Kun-Man'yo (yugo-vostochnoye obramleniye Sibirskoy platformy) [Geological position, minerals of rare and precious metals in ores of the Kun-Manyo copper-nickel deposit (southeastern framing of the Siberian platform)]. Tikhookeanskaya geologiya, 2022, V. 41, No. 6, pp. 3–23. (In Russ.)
8. *Gur'yanov V. A., Petukhova L. L., Kirillov V. Ye.* Paleoproterozoyskiye ul'tramafitovyye dayki Kun-Man'yonskogo areala (yugo-vostok Sibirskoy platformy): strukturnoye polozheniye, sostav i obstanovka formirovaniya [Paleoproterozoic ultramafic dikes of the Kun-Manyon area (southeast of the Siberian platform): structural position, composition and setting of formation]. Tikhookeanskaya geologiya, 2023, V. 42, No. 2, pp. 68–87. (In Russ.)
9. *Gur'yanov V. A., Petukhova L.L., Prikhod'ko V.S., Matveyev A. V., Vel'ma A. M., Alekseyev M. I., Kremenetskiy M. I.* Otsenka perspektiv nikelenosnosti yugo-vostochnogo obramleniya Sibirskoy platformy [Estimation of prospects for nickel content in the southeastern framing of the Siberian Platform]. Voprosy geologii i kompleksnogo osvoyeniya prirodnykh resursov Vostochnoy Azii, 4 Vserossiyskaya nauchnaya konferentsiya, sbornik dokladov, Blagoveshchensk, IGiP DVO RAN publ., 2016, V. 1, pp. 48–51. (In Russ.)
10. *Gur'yanov V. A., Prikhod'ko V. S., Peskov A. Yu., Petukhova L. L., Perestoronin A. N., Kosynkin A. V.* Platinonosnost' nikelenosnykh mafit-ul'tramafitov Pristanovogo kollizionnogo poyasa (yugo-vostok Sibirskoy platformy) [Platinum content of nickel-bearing mafic-ultramafic rocks of the Near Collision Belt (southeast of the Siberian Platform)]. Otechestvennaya geologiya, 2014, No. 6, pp. 48–56. (In Russ.)
11. *Gur'yanov V. A., Roganov G. V., Zelepugin V. N., Rozinov M. I., Saltykova T. Ye.* Izotopno-geokhronologicheskiye issledovaniya tsirkonov rannedokembriyskikh porod yugo-vostochnoy chasti Aldano-Stanovogo shchita: novyye rezul'taty, ikh geologicheskaya interpretatsiya [Isotope-geochronological studies of zircons from Early Precambrian rocks of the southeastern part of the Aldan-Stanovoi shield: new results, their geological interpretation]. Tikhookeanskaya geologiya, 2012, V. 31, No. 2, pp. 3–21. (In Russ.)
12. *Zhizhin V. I.* K probleme poiskov nikelevogo orudeneniya na Aldanskom shchite [On the problem of prospecting for nickel mineralization on the Aldan shield]. Regional'naya Geologiya Yakutii, sbornik nauchnykh statey, Yakutsk, Izd-vo Yakutskogo gosuniversiteta publ., 1995, pp. 127–131. (In Russ.)
13. *Likhachov A. P.* Platino-medno-nikelevyye i platinovyye mestorozhdeniya [Platinum-copper-nickel and platinum deposits], Moscow, Eslan publ., 2006, 496 p. (In Russ.)
14. *Mishkin M. A., Lennikov A. M., Vovna G. M., Badredinov Z. G., Oktyabr'skiy R. A.* Geokhimiya i iskhodnaya priroda metabazit-enderbitovoy assotsiatsii

Dzhugdzhurskogo bloka (Aldanskiy shchit) [Geochemistry and initial nature of the metabasite-enderbite association of the Dzhugdzhur block (Aldan Shield)]. Geokhimiya, 2007, No. 6, pp. 608–623. (In Russ.)
15. *Prikhodko V. S., Petukhova L. L., Guryanov V. A., Chubarov V. M.* Petrologiya malykh tel nikelenosnykh mafit-ul'tramafitov yugo-vostoka Aldano-Stanovogo shchita [Petrology of small bodies of nickel-bearing mafic-ultramafites of the southeast of the Aldan-Stanovoi shield]. Tikhookeanskaya geologiya, 2020, V. 39, No. 2, pp. 46–65. (In Russ.)
16. *Roganov G. V., Kremenetskaya N. A., Yakovleva Ye. A.* Karta poleznykh iskopayemykh i minerageniceskogo rayonirovaniya Priamur'ya, Zapadnogo Priokhot'ya, o. Sakhalin i prilegayushchikh k nim uchastkov dna Okhotskogo i Yaponskogo morey masshtaba 1:1 000 000 s poyasnitel'noy zapiskoy [Sakhalin and adjacent areas of the bottom of the Sea of Okhotsk and the Sea of Japan, scale 1:1,000,000 with an explanatory note]. Khabarovsk, Dal'geofizika publ., 2009, 88 p. (In Russ.)
17. *Stepanov V. A.* Platinoidno-medno-nikelevyye provintsii Severo-Aziatskogo kratona [Platinoid-copper-nickel provinces of the North Asian craton]. Regional'naya geologiya i metallogeniya, 2013, No. 56, pp. 78–87. (In Russ.)
18. *Stogniy G. A., Stogniy V. V.* Platinonosnost' Aldano-Stanovogo shchita [Platinum content of the Aldan-Stanovoy Shield]. Geologiya rudnykh mestorozhdeniy, 1998, V. 40, No. 6, pp. 529–535. (In Russ.)
19. *Stogniy G. A., Stogniy V. V.* Podvizhnyye poyasa Aldano-Stanovogo shchita – indikatory reologicheskogo sostoyaniya zemnoy kory [Mobile belts of the Aldan-Stanovoi shield – indicators of the rheological state of the earth's crust]. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka, 1999, No. 5, pp. 129–135. (In Russ.)
20. *Tektonicheskiy* kodeks Rossii [Tectonic Code of Russia]. Moscow and St. Petersburg, Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation publ.; Federal Agency for Subsoil Use (ROSNEDRA) publ.; Interregional Center for Geological Cartography (GEOKART) publ., 2016, 240 p. (In Russ.)
21. *Ernst R. E.* Large Igneous Provinces. Cambridge, Cambridge University Press, 2014, 653 p.
22. *Naldrett A. J.* Magmatic Sulfide Deposites: geology, geochemistry, and exploration, Berlin, Springer, 2004, 727 p.
23. *Amur* Minerals Corporation, available at: https.amurminerals.com/kun-manie-nickel-cupper-sulphide-teo-results/ (12.01.2022).

Статья поступила в редакцию 02.05.23; одобрена после рецензирования 23.05.23; принята к публикации 24.05.23.
The article was submitted 02.05.23; approved after reviewing 23.05.23; accepted for publication 24.05.23.

По всем вопросам, связанными со статьями, следует обращаться в редакцию
по тел. +7 (495)315-28-47,
E-mail: ogeo@tsnigri.ru

Адрес редакции: 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1