

Металлогения золота Восточно-Таннуольского рудного района (Республика Тыва)

Gold metallogeny of the East Tannu-Ola ore region, Tyva Republic

Черных А. И., Широбоков А. Ю.,
Арсентьева И. В.

Chernykh A. I., Shirobokov A. Yu.,
Arsentieva I. V.

Приведены результаты анализа ранее полученных и новых геологических, геохимических и металлогенических данных по территории Восточно-Таннуольского железо-медно-полиметаллически-золоторудного района. В его пределах обосновано выделение прогнозируемых Элегест-Межегейского, Аптаринского и Шивилигского золоторудных узлов и Харалыгского, Ирбитейского золото-серебро-полиметаллических. Кроме того, внутри Элегест-Межегейского узла оконтурены Ургайлыгское, Проездное, Чумуртукское прогнозируемые золоторудные поля, внутри Аптаринского – Деспенское, а внутри Шивилигского – Овур-Онгешское. За пределами рудных узлов установлены Улуг-Сайлыгское и Ак-Чаринское золото-молибден-меднорудные поля. Приведены краткие сведения об истории изучения, геолого-структурном положении, геологическом строении и геохимической специализации пород Восточно-Таннуольского района. Для каждого рудного узла представлены особенности геологического строения, минералогического состава руд, характеристика самородного золота, параметры распределения золото-сульфидно-кварцевого, золото-скарнового, золотосодержащего колчеданно-полиметаллического и молибден-медно-порфирирового типов руд. Сделаны выводы о закономерностях распространения и металлогенических эпохах формирования золотого и золотосодержащего оруденения в пределах изучаемого района.

Ключевые слова: металлогеническое районирование, золото, Восточно-Таннуольский рудный район, Республика Тыва.

The Elegest-Mezhegei, Aptara, and Shivilig forecasted gold ore clusters and the Kharalyg and Irbitei forecasted gold-silver-polymetallic ore clusters were distinguished within the East Tannu-Ola iron-copper-polymetallic-gold ore region, based on examination of historical and new geological, geochemical, and metallogenical data. Subsequently, the Urgailyg, Proezdnoe, and Chumurtuk forecasted gold ore fields were delineated within the Elegest-Mezhegei cluster; the Despen ore field was delineated within the Aptara ore cluster; and the Ovur-Ongesh ore field was outlined within the Shivilig cluster. In addition, the Ulug-Sailyg and Ak-Charinsk gold-molybdenum-copper ore fields were distinguished outside the ore clusters. The article summarizes the investigation history, geological-structural position, geological features, and geochemical specialization of the rocks of the East Tannu-Ola region. Descriptions of the ore clusters embrace peculiarities of their geological structure, ore mineralogy, and native gold, as well as parameters of the gold-sulfide-quartz, gold-skar, gold-containing polymetallic VMS, and porphyry molybdenum-copper mineralized zones. The conclusions highlight the metallogenic epochs and distribution regularities of the gold and gold-containing mineralization within the region studied.

Keywords: metallogenic regionalization, gold, East Tannu-Ola ore region, Tyva Republic.

Для цитирования: Черных А. И., Широбоков А. Ю., Арсентьева И. В. Металлогения золота Восточно-Таннуольского рудного района (Республика Тыва). Руды и металлы. 2021. № 2. С. 40–67. DOI: 10.47765/0869-5997-2021-10010.

For citation: Chernykh A. I., Shirobokov A. Yu., Arsentieva I. V. Gold metallogeny of the East Tannu-Ola ore region, Tyva Republic. Ores and metals 2021, № 2, pp. 40–67. DOI: 10.47765/0869-5997-2021-10010.



Восточно-Таннуольский рудный район (ВТРР) имеет железо-медно-полиметаллически-золоторудную специализацию, расположен в юго-западной части Республики Тыва, в 50 км от г. Кызыл. Рудный район площадью около 6140 км² вытянут на 135 км в широтном направлении от р. Ирбитей на западе до р. Шурмак на востоке (рис. 1). В материалах комплекта Госгеолкарты-200/2 (лист М-46-Х) и Госгеолкарты-1000/3 [4] ВТРР был назван Деспенским, однако вслед за тувинскими геологами (В. И. Лебедевым, А. А. Монгушем, В. Н. Чучко, С. А. Яровым и многими другими) нами используется традиционное название.

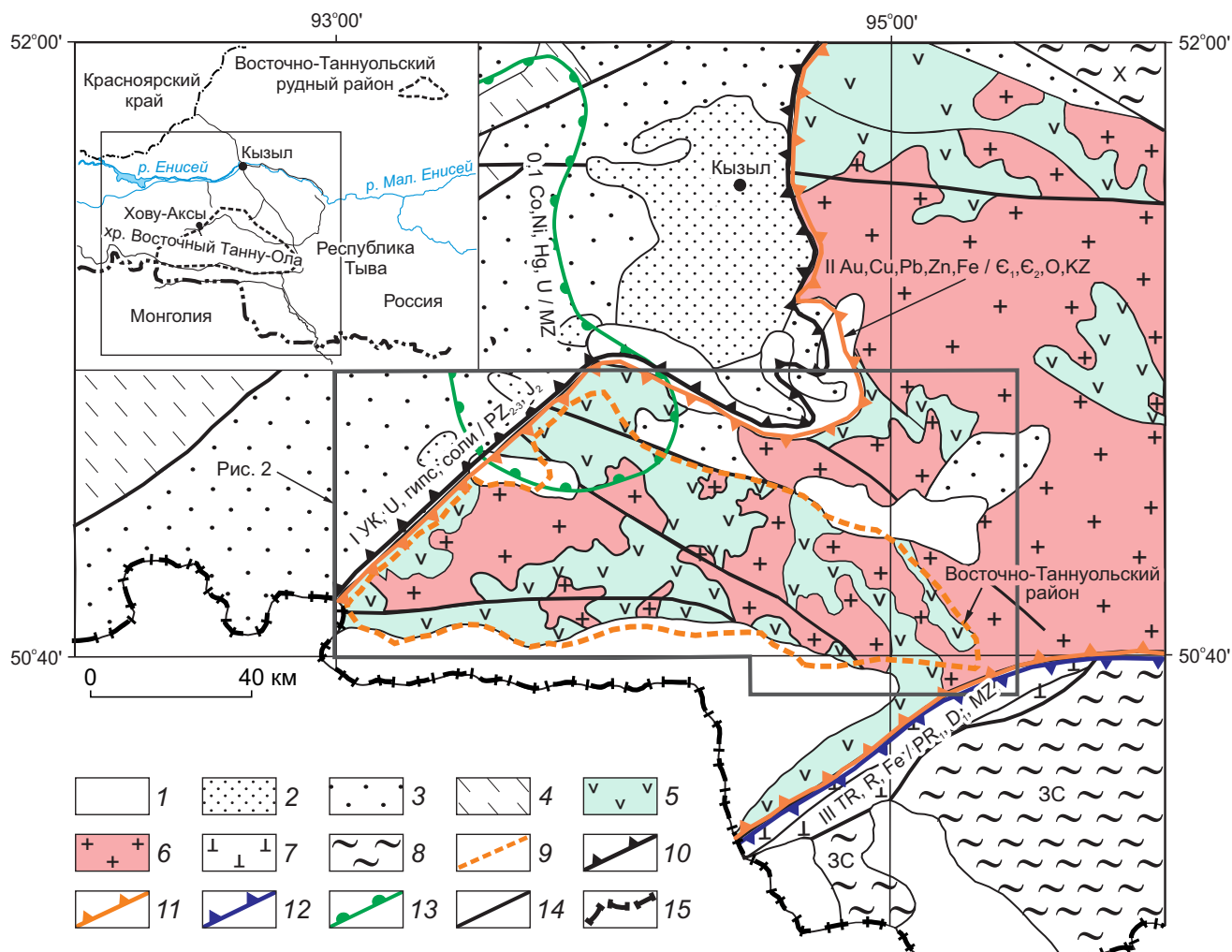
Восточно-Таннуольский рудный район орографически приурочен к системе горных отрогов субширотно вытянутого хребта Восточный Танну-Ола и в связи с плохой доступностью изучен сравнительно слабо. Первые сведения о полезных ископаемых территории рудного района получены ещё в XIII–III веках до н. э., о чём свидетельствуют многочисленные выработки (неглубокие шахты и мелкие карьеры) этого времени для добычи золота, меди и железа [6]. В новейшей истории упоминания о добыче россыпного золота в Тыве появляются в 1839 г. Первые задокументированные работы по изучению золотоносности территории ВТРР проводились в 1911–1914 гг. К. И. Иваницким, который обнаружил кварцевую жилу с ковеллином, халькопиритом, лимонитом, малахитом и золотом в правобережье р. Овур-Онгеш.

Систематическое изучение геологии и полезных ископаемых Тывы и Восточно-Таннуольского района началось с середины 40-х гг. XX в. Поисковые работы велись в крайне незначительном объёме и были начаты в конце 40-х гг. В. П. Масловым (1947 г.), Д. И. Суворовым (1948 г.), А. Л. Додиныным (1948 г.), В. Н. Старостиным (1949 г.), Я. С. Зубрилиным (1949 г.), Г. М. Владимирским (1952 г.) и др. В 50–70 гг. выполнялись геолого-съёмочные работы масштабов 1:200 000 и 1:50 000 под руководством Г. Н. Лукашева (1958, 1961, 1962 гг.), В. Н. Чучко (1965 г.), В. И. Лебедева (1968 г.), Я. В. Сарбаа (1971 г.), А. Н. Митуса (1976 г.). Большое значение для характеристики особенностей вторичных геохимических полей Восточно-Таннуоль-

ского рудного района имели геохимические работы 1987–1990 гг. масштаба 1:200 000 под руководством С. А. Ярового (1990 г.). Впервые специализированные поисковые работы на золото проведены сотрудниками АО «СНИИГГиМС» (А. Ю. Ширококов, А. И. Черных, М. В. Викторов и др.) в 2012–2014 гг. в южной части ВТРР на Деспенской площади, а в 2016–2017 гг. в северной части на Ургайлыгской площади (А. Ю. Ширококов, В. В. Меркулов, М. А. Шеин и др.). В 2014–2016 гг. для западной части ВТРР (лист М-46-Х) геологами СНИИГГиМСа (Е. В. Ветров, А. И. Черных, А. Н. Уваров и др.) выполнены работы по ГДП-200. Исследования 2012–2020 гг. на территории ВТРР позволили получить современные данные о магматизме, геохимии, возрасте и полезных ископаемых [1–3, 8–13]. В настоящей статье приводятся результаты металлогенического анализа имеющихся и вновь полученных данных, отражающих закономерности распространения золотого и золотосодержащего оруденения ВТРР, и особенности минералогического состава руд.

Геолого-структурное положение и геологическое строение. Восточно-Таннуольский рудный район приурочен к одноимённой складчатой подзоне в юго-западной части Таннуольско-Улугуйской (Верхнеенисейской) складчатой зоны (рис. 2, см. рис. 1). С севера и запада он граничит с отложениями Центрально-Тувинского герцинско-эпигерцинского прогиба, который сложен преимущественно терригенными и карбонатно-терригенными породами континентальных, реже морских, фаций ордовикского, силурийского, девонского и каменноугольного возрастов. С юга граница проведена по геолого-геофизическим данным под отложениями Убсунурской впадины, сложенной миоценовыми (конгломераты, песчаники, глины, мергели) и четвертичными (галечники, валунники, пески) отложениями. В юго-восточной части граничит с Западно-Сангиленским блоком, от которого отделён Агардагским разломом, контролирующим положение Южно-Тувинского офиолитового пояса.

Положение границы ВТРР хорошо согласуется с геофизическими данными. В магнитном поле он выделяется высокоградиентной



областью положительных магнитных аномалий со сложной мозаичной внутренней структурой. Для территории района характерны мелкие контрастные узколинейные и изометрические положительные локальные аномалии интенсивностью до 2500 нТл. В гравитационном поле ВТРР выражен положительными аномалиями эллипсовидной и округлой форм, ограниченными гравитационными ступенями со значениями горизонтального градиента до 2 мГал/км. В восточном направлении интенсивность аномалий снижается, и они характеризуются отрицательными значениями.

Металлогения ВТРР определяется особенностями геологического строения и вещественного состава пород, представленных островодужной и аккреционно-коллизийной ассоциациями [3, 9, 10]. Сложен преимущественно

ранне-среднекембрийскими вулканогенно-осадочными породами кадвойской (ϵ_1), серлигской (ϵ_1), ирбитейской (ϵ_1) и манайлыгской (ϵ_2) свит. На основании геологических данных предполагается, что образование вулканогенно-осадочных пород происходило в две стадии. В раннюю формировались вулканиты толеитовой серии базальт-андезит-риолитового состава с прослоями туфов, туффитов и известняков кадвойской и серлигской свит. В более позднюю стадию образовывались породы ирбитейской свиты (глинистые и рифогенные известняки, песчаники, алевролиты, эффузивы, туфы) и манайлыгской свиты (алевролиты, прослой туфов и эффузивов кислого состава). Возраст риодацитов серлигской свиты определяется многочисленными геологическими данными как раннекембрийский. Изуче-



Рис. 1. Схема геолого-структурного положения Восточно-Таннуольского рудного района:

1 – впадины, выполненные кайнозойскими континентальными отложениями; 2 – впадины, выполненные мезозойскими угленосными отложениями; 3 – средне-верхнепалеозойские породы Центрально-Тувинского прогиба; 4 – карбонатно-терригенные породы каледонской Западно-Саянской складчатой системы; структуры Таннуольско-Улугуйской складчатой зоны: 5 – ранне-среднекембрийские островодужные вулканогенно-осадочные породы, 6 – кембрийско-ордовикские интрузивные породы аккреционно-коллизийной ассоциации (габбро, диориты, гранитоиды, плагиограниты); 7 – венд (?)–раннекембрийские породы Южно-Тувинского офиолитового пояса; 8 – Западно-Сангиленский (ЗС) и Харальский (Х) выступы, сложенные глинистыми сланцами, гнейсами и мраморами протерозойско-рифейского возраста; 9 – граница Восточно-Таннуольского рудного района; металлогенические зоны: 10 – Центрально-Тувинская I (каменный уголь, U, гипс, соли), 11 – Таннуольско-Улугуйская II (Au, Cu, Pb, Zn, Fe), 12 – Сангиленская III (редкие, редкоземельные металлы, Fe); 13 – Баян-Хольский рудный район (Co, Ni, Hg, U); 14 – разломы; 15 – граница РФ

Fig 1. Schematic map showing the geological-structural position of the East Tannu-Ola ore region:

1 – depressions filled with Cenozoic continental sediments; 2 – depressions filled with Mesozoic coal-bearing sediments; 3 – Middle-Upper Paleozoic rocks of the Central Tyva trough; 4 – carbonate-terrigenous sediments of the Caledonian West Sayan fold system; structures of the Tannu-Ola–Ulugoi fold zone: 5 – Early Cambrian island arc volcanosedimentary rocks, 6 – Cambrian-Ordovician intrusive rocks of accretionary-collisional association (gabbro, diorites, granitoids, plagiogranites); 7 – Vendian(?)–Early Cambrian rocks of the South Tyva ophiolite belt; 8 – West Sangilen and Kharal salients composed of shales, gneisses, and marbles of the Proterozoic to Riphean; 9 – boundary of the East Tannu-Ola ore region; metallogenic zones: 10 – Central Tyva I (coal, U, gypsum, salts), 11 – Tannu-Ola–Ulugoi II (Au, Cu, Pb, Zn, Fe), and 12 – Sangilen III (rare-metals, rare-earth metals, Fe); 13 – Bayan-Khol ore region (Co, Ni, Hg, U); 14 – faults; 15 – frontier of the Russian Federation

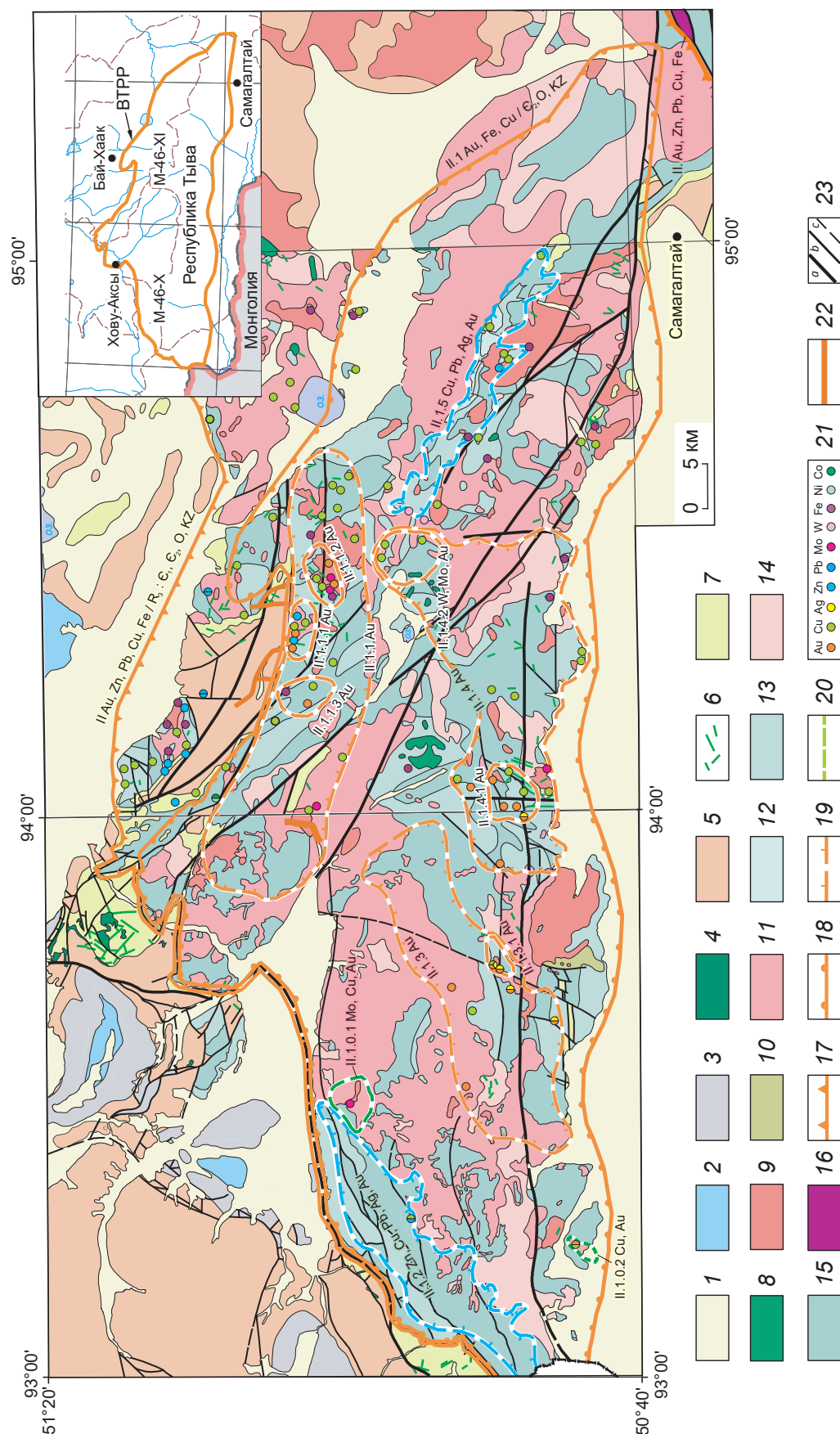
ние цирконов из риолитов серлигской свиты U-Pb методом (SHRIMP-II, ФГБУ «ВСЕГЕИ») показало их возраст на уровне $508,2 \pm 4,7$ млн лет [1]. Вероятно, полученная датировка отражает омоложение возраста за счёт термального воздействия масштабного гранитоидного среднекембрийско-ордовикского магматизма.

Вулканогенно-осадочные породы кадвойской и серлигской свит прорываются раннекембрийскими небольшими интрузиями предположительно майнского комплекса. Породы разделены на две фазы – роговообманковые и кварцевые габбро первой фазы и роговообманково-биотитовые диориты, гранодиориты, плагиограниты, тоналиты и лейкоплагиограниты второй. Породы майнского комплекса рассматриваются как комагматы вулканитов кадвойской и серлигской свит. Особенности петрохимического, геохимического и изотопно-геохимического составов свидетельствуют о принадлежности гранитоидов майнского комплекса ВТРП к породам островных дуг [2, 3, 10] и хорошо сопоставляются с аналогичными породами Западного Саяна. Результаты ранее про-

ведённых изотопно-геохронологических исследований пород майнского комплекса [5, 7] и вновь полученные нами результаты U-Pb датирования по циркону (SHRIMP-II, ФГБУ «ВСЕГЕИ») [3, 10] указывают на возраст пород на уровне 518–541 млн лет.

Породы островодужной ассоциации прорываются массивами габбродиорит-гранодиорит-плагиогранитовой (таннуольский комплекс, E_{2-3}) и гранит-лейкогранитовой (арголикский комплекс, O) формаций. Становление пород таннуольского комплекса происходило на ранней, а арголикского – на завершающей стадии аккреционно-коллизийного этапа формирования Таннуольско-Улугуйской складчатой зоны. В небольших узких грабенах локально развиты ордовикские вулканогенно-осадочные отложения (деспенская толща), сформированные на аккреционно-коллизийной стадии.

Породы таннуольского комплекса представлены габбро, габбродиоритами, диоритами первой фазы и кварцевыми диоритами, тоналитами, гранодиоритами, плагиогранитами второй. Вещественный состав пород таннуоль-



1 – кайнозойские осадочные отложения; 2 – юрские угленосные терригенные породы; 3 – каменноугольные терригенные породы; 4 – торфяной торф; 5 – девонские вулканогенно-осадочные, терригенные и терригенно-карбонатные отложения Центрально-Тувинского прогиба (D_1-D_3); 6 – верхнепалеозойско-мезозойские базитовые дайки; 7 – ордовикско-силурийские терригенные и терригенно-карбонатные отложения Центрально-Тувинского прогиба (O_3-S_2); 8 – мажальский перидотит-пироксенит-габбровый комплекс (O); 9 – аргонит-гранитовый комплекс (O); 10 – деспенская андезит-риодацитовая толща (O_3); 11 – таннуольский габбро-плагитогранитовый комплекс ($\mathcal{C}_1$); 12 – манайлыгская свита ($\mathcal{C}_2$); 13 – ирбитейская свита ($\mathcal{C}_3$); 14 – майнский габбро-плагитогранитовый комплекс ($\mathcal{C}_4$); 15 – кадвойская и серлигская свиты объединённые ($\mathcal{C}_5$); 16 – актовракский дунит-гарцбургитовый комплекс ($V-\mathcal{C}_1$); металлогенические подразделения (цветом показана специализация: Au – оранжевым, цветные металлы – голубым, Cu, Mo, Au – зелёным, W, Mo, Au – фиолетовым); 17 – зоны, 18 – рудные районы, 19 – прогнозируемые рудные узлы, 20 – прогнозируемые рудные поля; 21 – проявления с указанием вида полезных ископаемых; 22 – малое месторождение россыпного золота; 23 – разломы (a – главные, b – второстепенные, c – перекрытые кайнозойскими отложениями); металлогенические подразделения: II – Таннуольско-Улугуйская железно-медно-полиметаллически-золоторудная металлогеническая зона: II.1 – Восточно-Таннуольский железно-медно-полиметаллически-золоторудный район (ВТРР), II.1.1 – Элегест-Межегейский прогнозируемый золоторудное поле, II.1.1.1 – Ургайлыгское прогнозируемое золоторудное поле, II.1.1.2 – Проездное прогнозируемое золоторудное поле, II.1.1.3 – Чумуртукское прогнозируемое золоторудное поле, II.1.2 – Ирбитейский прогнозируемый золоторудно-серебро-полиметаллический узел, II.1.3 – Аптаринский прогнозируемый золоторудный узел, II.1.3.1 – Деспенское прогнозируемое золоторудное поле, II.1.4 – Шивилигский прогнозируемый золоторудный узел, II.1.4.1 – Овур-Онгешское прогнозируемое золоторудное поле, II.1.4.2 – Верхне-Дургеновское прогнозируемое золото-вольфрам-медно-молибденное рудное поле, II.1.5 – Харальгский прогнозируемый золото-серебро-полиметаллический узел, II.1.0.1 – Улут-Сайлыгское прогнозируемое золото-медно-молибден-порфировое рудное поле, II.1.0.2 – Ак-Чаринское прогнозируемое золото-молибден-медно-порфировое рудное поле

1 – Cenozoic sediments; **2** – Jurassic coal-bearing terrigenous rocks; **3** – Carboniferous terrigenous rocks; **4** – Torgalyg syenite-gabbro complex (D₃-C₁); **5** – Devonian volcanosedimentary, terrigenous, and terrigenous-carbonate deposits of the Central Tyva trough (D₁-D₃); **6** – Late Paleozoic-Mesozoic basic dikes; **7** – Ordovician-Silurian terrigenous and terrigenous-carbonate deposits of the Central Tyva trough (O₃-S₂); **8** – Mazhalyk peridotite-pyroxenite-gabbro complex (O); **9** – Argolik granodiorite-granite complex (O); **10** – Despen andesite-rhyodacite sequence (O₂); **11** – Tannuola gabbrodiorite-granodiorite-plagiogranite complex (Є₂₋₃); **12** – Manailyg formation (Є₂); **13** – Irbitei formation (Є₁); **14** – Maina gabbro-plagiogranite complex (Є₁); **15** – Kadvoi and Serlig formations (Є₁), undivided; **16** – Aktovrak dunite-harzburgite complex (V-Є₁); boundaries of the metallogenic subdivisions (metallogenic specialisation is shown by colors: Au – orange, base metals – blue, Cu-Mo-Au – green, W-Mo-Au – violet); **17** – metallogenic zones, **18** – ore regions, **19** – forecasted ore clusters, **20** – forecasted ore fields; **21** – ore occurrences (the principal metals are indicated); **22** – minor placer gold deposits; **23** – faults (*a* – major, *b* – auxiliary, *c* – covered with Cenozoic deposits); metallogenic subdivisions: **II** – Tannu-Ola-Ulugoi iron-copper-polymetallic-gold metallogenic zone: **II.1** – East Tannu-Ola iron-copper-polymetallic-gold region; **II.1.1** – Elegest-Mezhegi forecasted placer-lode gold cluster; **II.1.1.1** – Urgailyg forecasted gold field; **II.1.1.2** – Proezdnoe forecasted gold field; **II.1.1.3** – Chumurtuk forecasted gold field; **II.1.2** – Irbitei forecasted gold-silver-polymetallic ore cluster; **II.1.3** – Aptara forecasted gold ore cluster; **II.1.3.1** – Despen forecasted gold field; **II.1.4** – Shivilig forecasted gold ore cluster; **II.1.4.1** – Ovur-Ongesh forecasted gold field; **II.1.4.2** – Upper Durgun forecasted gold-tungsten-copper-molybdenum ore field; **II.1.5** – Kharalyg forecasted gold-silver-polymetallic ore cluster; **II.1.0.1** – Ulug-Durgen forecasted porphyry gold-copper-molybdenum ore field; **II.1.0.2** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.3** – Sailyg forecasted porphyry gold-copper-molybdenum ore field; **II.1.0.4** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.5** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.6** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.7** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.8** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.9** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.10** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.11** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.12** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.13** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.14** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.15** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.16** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.17** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.18** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.19** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.20** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.21** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.22** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.23** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.24** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.25** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.26** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.27** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.28** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.29** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.30** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.31** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.32** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.33** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.34** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.35** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.36** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.37** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.38** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.39** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.40** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.41** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.42** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.43** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.44** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.45** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.46** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.47** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.48** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.49** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.50** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.51** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.52** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.53** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.54** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.55** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.56** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.57** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.58** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.59** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.60** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.61** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.62** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.63** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.64** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.65** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.66** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.67** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.68** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.69** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.70** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.71** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.72** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.73** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.74** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.75** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.76** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.77** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.78** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.79** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.80** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.81** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.82** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.83** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.84** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.85** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.86** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.87** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.88** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.89** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field; **II.1.0.90** – Ak-Charinsk forecasted porphyry gold-molybdenum-copper ore field;

ского комплекса позволяет рассматривать их как аккреционный комплекс [2, 3, 10]. Возраст пород определён U-Pb методом (SHRIMP-II, ФГБУ «ВСЕГЕИ») на уровне 508–492 млн лет.

Арголикский комплекс представлен двуполовошпатовыми, аляскистовыми гранитами, лейкократовыми гранитами и гранит-порфирами, которые слагают небольшие нередко сближенные тела и группы тел. Массивы приурочены к синхронным по возрасту тектоническим зонам, в пределах которых слагающие их гранитоиды подвергнуты катаклазу, разгнейсованию, окварцеванию, эпидотизации. Кроме раннекембрийских вулканитов они прорывают образования ордовикской деспенской толщи и средне-позднекембрийские граниты таннуольского комплекса. Изотопное датирование пород арголикского комплекса U-Pb методом (SHRIMP II, ФГБУ «ВСЕГЕИ») по лейкократовым гранитам показало значения на уровне 451–447 млн лет [2, 3, 10].

Геохимическая специализация геологических комплексов. Геохимическая специализация пород ВТРР закономерно отражает особенности условий их образования и петрографического состава. Результаты спектрального и ИСР анализов первичных и вторичных геохимических полей по более чем 14000 проб, полученных при ГСР-50 и геохимических поисках в 1970–1980 гг. (А. Н. Митус, В. И. Лебедев, Я. В. Сарбаа, С. А. Яровой) и ГДП-200 в 2014–2016 гг., позволили установить повышенное содержание элементов сидеро-халькофильной ассоциации в раннекембрийских вулканогенно-осадочных породах. Кембрийско-ордовикские интрузивные породы (габбродиориты, гранодиориты, плагиограниты, граниты) отличаются сидеро-литофильной специализацией.

Характерной особенностью вулканитов кадвойской и серлигской свит является повышенное содержание меди. В пределах ВТРР широко распространены точечные и площадные геохимические аномалии Cu, Au, Ag, Pb, Zn, Fe, Mo. Аномалии устанавливаются по результатам изучения потоков рассеяния, вторичных и первичных ореолов. Геологическое строение и геохимическая специализация пород определяют металлогеническую специализацию ВТРР

на Au, Cu, Zn, Pb, Ag, Fe, Mo. Анализ пространственного распределения геохимических аномалий позволяет выделить аномальные геохимические узлы, которые в значительной степени отражают положение рудных узлов.

Металлогеническое районирование. Восточно-Таннуольский рудный район расположен на западе Таннуольско-Улугуйской (Верхнеенисейской) металлогенической зоны (см. рис. 1, 2). С запада и севера он граничит с Центрально-Тувинской минерагенической зоной, приуроченной к структурам Центрально-Тувинского прогиба. Она характеризуется преобладанием полезных ископаемых осадочного генезиса – каменного угля коксующихся марок (Актальский и Онкажинский угленосные районы), урана (Южно-Тувинский ураноносный район), галита и гипса (Дус-Дагский соленосный район). С этапом девонской и мезозойской тектоно-магматической активизации связано формирование медно-никель-кобальт-арсенидного оруденения Баян-Хольского рудного района с крупным, в значительной степени отработанным Хову-Аксинским месторождением.

При сравнительно слабой изученности в пределах ВТРР кроме россыпных месторождений золота известны признаки коренного золотого оруденения различных типов. На основании комплексного анализа геологических, геофизических, геохимических и металлогенических данных в пределах ВТРР выделены прогнозируемые Элегест-Межегейский, Аптаринский, Шивилигский золоторудные узлы, Ирбитейский и Харалыгский золотосодержащие полиметаллические, а также медно-молибденовое Улуг-Сайлыгское и молибден-медное Ак-Чаринское рудные поля (см. рис. 2).

Элегест-Межегейский прогнозируемый золоторудно-россыпной узел (II.1.1) расположен в северной части ВТРР в междуречье Кызыл-Эрик – Дурген (см. рис. 2). Территория узла сложена преимущественно островодужными раннекембрийскими вулканогенно-осадочными породами серлигской и ирбитейской свит, прорванными аккреционно-коллизийными средне-позднекембрийскими массивами таннуольского и ордовикскими арголик-



ского комплексов (см. рис. 1, 2). Большое количество небольших интрузивов гранитоидов определяет широкое развитие скарнированных пород и роговиков.

Несмотря на крутой профиль долин рек и неблагоприятные ландшафтно-геоморфологические условия, на северном фланге Элегест-Межегейского узла имеются мелкие россыпи золота. На западе узла известно мелкое россыпное месторождение золота в долинах р. Кызыл-Эрик и её правого притока руч. Джаралыг. На востоке узла аллювиальные россыпи отрабатывались по левым притокам рек Улуг-Шанган (ручьи Михайловский, Петровский), Чинге и Ургайлыг. Суммарный объём добычи учтённого золота из россыпей оценивается на уровне 650–700 кг. Содержание золота в россыпях, как правило, высокое – 1–3,6 г/м³. Золото в россыпях характеризуется плохой окатанностью, наличием самородков массой до 10 г, часто находится в сростании с кварцем, иногда в лимонитовой рубашке.

На территории всего узла распространены проявления и пункты минерализации золота, меди и железа. Установлены шлиховые потоки золота, геохимические ореолы и аномалии Cu, Fe, Pb, Zn, Mo, Au, Ag по результатам донного опробования и поисков по вторичным ореолам, потенциально золотоносные метасоматиты, кварцевые жилы, сульфидная минерализация, золото в шлихах и др.

Анализ результатов геолого-съёмочных и поисковых работ (материалы Д. И. Суворова, К. М. Кильчичакова, Я. В. Сарбаа, С. А. Ярового, А. И. Черных, А. Ю. Широбокова) позволил выявить в пределах Элегест-Межегейского узла оруденение золото-сульфидно-кварцевого и золото-скарнового типов. По морфологии и вещественному составу объекты золото-сульфидно-кварцевого типа разделяются на три разновидности – жильные, жильно-прожилковые и жильно-прожилковые в метасоматитах березит-лиственитового состава. Признаки этих типов золотой минерализации распространены по всей территории узла и иногда пространственно совмещаются. По имеющимся данным можно выделить три прогнозируемых рудных поля с преобладанием разных ти-

пов золотой минерализации – Ургайлыгское (II.1.1.1), Проездное (II.1.1.2) и Чумуртукское (II.1.1.3) (см. рис. 2).

Наиболее изучена жильная кварцевая золото-халькопирит-пиритовая минерализация в пределах *Ургайлыгского золоторудного поля*. Здесь ещё в конце 1940-х гг. установлены многочисленные разнонаправленные кварцевые жилы и прожилки как в гранодиоритах таннуольского комплекса, так и в раннекембрийских вулканогенно-осадочных породах. В пределах рудного поля наблюдается концентрация золотоносных кварцевых жил со средним содержанием золота 2–6 г/т, обломков кварца, литохимических аномалий золота на уровне 0,01–0,04 г/т, шлиховых потоков золота. Наиболее типичное жильное проявление – Ургайлыг-1, расположенное в верховьях руч. Кварцевый. Здесь по результатам работ 1950–1970 гг. детально изучены три жилы, а одна из них вскрыта штольной.

Проявление золота Ургайлыгское-1 расположено в эндоконтакте Ургайлыгского диорит-гранодиоритового массива таннуольского комплекса. В поле диоритов отмечаются участки кварцевых, иногда кальцит-кварцевых жил и прожилков, ориентированных главным образом в северо-восточном направлении. Ширина выхода окварцованных пород до 20–30 м. Преобладают прожилки мощностью от 5 до 30 мм, среди которых фиксируются более мощные жилы – до 1,5 м. Средняя мощность жилы № 3 – 0,65 м, в раздувах до 2,5 м. Сложена желтовато-серым кварцем с вкрапленностью сульфидов до 15 % (пирит, халькопирит, борнит, реже галенит и сфалерит). Содержание золота крайне неравномерное от следов до 58,2 г/т, в среднем по 56 пробам 6,2 г/т. В отдельных пробах содержание Pb до 3–3,5 %, Zn до 0,25 %, Cu более 1 %. Жила № 2 находится в 150 м северо-западнее жилы № 3. Мощность жилы от 0,4 до 1,0 м, сложена беловато-серым кварцем с вкрапленностью пирита и халькопирита. Содержание золота колеблется от 0,5 до 62 г/т, в среднем 21,6 г/т.

Проездное золоторудное поле (II.1.1.2) приурочено к тектонически осложнённому северному контакту Орту-Адырского массива танну-

ольского комплекса, прорванного небольшим массивом арголикского комплекса (см. рис. 2). Здесь установлены эндо- и экзоскарны, зоны окварцевания и кварцевые жилы. На водоразделе ручьев Чинге и Проездной выделяются скарноиды и гранат-пироксеновые скарны, развитые преимущественно по известнякам. Скарнированные породы изучались, в первую очередь, в связи с развитой в них магнетитовой минерализацией. Здесь в 1948 г. А. Л. Додинным выявлены Дургеновское и ряд более мелких проявлений железа.

По результатам геохимических поисков масштаба 1:200 000 (С. А. Яровой) по руч. Проездной и его левым притокам обнаружены выдержанные аномальные потоки золота с содержаниями от 12 до 1000 мг/т. Поиски по вторичным ореолам в левобережье руч. Проездной позволили выявить две комплексные геохимические аномалии Pb (0,0012–0,01 %), Zn (0,01–0,04 %), Cu (0,004–0,06 %), Au (10–50 мг/т), Mo (до 0,0002 %). Максимальные концентрации золота в ореолах рассеяния отмечаются вдоль тектонического нарушения субширотного простирания в экзоконтакте Орту-Адырского массива и связаны с участками эпидотизации, пиритизации и окварцевания. В аллювии руч. Проездной и его левых притоков установлены шлиховые потоки золота.

Повышенные содержания золота определены по единичным маломощным сечениям в сульфидизированных эпидот-гранат-пироксеновых скарнах с магнетитом в северной контактовой зоне Орту-Адырского массива. На этой территории скарны образуют небольшие линзы мощностью 1–5 м и протяжённостью по простиранию от 10 до 100 м. Высокая золотоносность (1–3,5 г/т) устанавливается в окварцованных и интенсивно сульфидизированных скарнах.

К. М. Кильчичаковым (1973 г.) в поле гранодиоритов Орту-Адырского массива выявлена зона березитизированных пород пирит-кварц-серицит-плагиоклазового состава, прослеженная на 2 км. Содержание золота в березитах достигает 0,5 г/т. Также отмечаются повышенные содержания Cu до 0,3 %, Mo до 0,0001% и Ag 1–5 г/т.

В западной части Проездного рудного поля известны грейзенизированные граниты с пиритовой, халькопиритовой и молибденитовой минерализацией. В брекчированных, окварцованных разностях грейзенизированных пород возрастает содержание золота с сотых долей до первых граммов на тонну. К одной из таких зон приурочено Адырское проявление золота и молибдена с содержаниями Cu от 0,003 до 0,3 %, Mo от 0,001 до 0,06 %, Ag от 3,8 до 20,6 г/т, Au от 0,01 до 0,7 г/т.

Чумуртукское золоторудное поле (II.1.1.3) расположено в центральной части Элегест-Межегейского узла в верховьях р. Чумуртук. Исходя из геологических и геофизических данных можно предположить, что рудное поле находится в надкровельной части интрузивного массива гранодиоритового состава. Здесь в 1970-х гг. по результатам ГСР-50 обнаружены многочисленные развалы кварца и единичные кварцевые жилы. Кроме кварцевых жил в верховьях руч. Михайловский установлена зона прокварцевания и сульфидизации мощностью до 20 м, представленная серией мелких кварцевых прожилков и линз среди метасоматитов. Зоны метасоматитов сопровождаются интенсивной пиритизацией вулканитов. По единичным пробам определено содержание Au до 0,7 г/т как в кварцевых жилах, так и в сульфидизированных вулканитах.

Изучение кварцевых жил Чумуртукского золоторудного поля, выполненное С. А. Яровым (1990 г.), позволило выявить содержание Au в кварцевых жилах на уровне 0,01–0,7 г/т, а в единичных пробах до 3 г/т. Кроме того, найдены интенсивно рассланцованные туфы и туфобрекчии порфириров ирбитейской свиты, сильно прокварцованные, с прожилками кварца и сульфидизированные. Более позднее изучение этих и вновь установленных зон сотрудиниками АО «СНИИГГиМС» позволило выделить три линейные минерализованные зоны мощностью до 15–20 м, прослеженные на несколько сотен метров. Зоны сложены метасоматитами пирит-кварц-серицит-анкеритового состава с сульфидно-кварцевыми прожилками. Метасоматиты развиваются преимущественно по туфитам, туфам и эффузивам основ-



ного–среднего состава. На отдельных участках метасоматиты подверглись брекчированию и дополнительному окварцеванию. В пределах метасоматических минерализованных зон кварцевые прожилки имеют разное направление. Сульфиды в метасоматитах представлены пиритом, количество которого достигает 10–20 %. Содержание Au в метасоматитах составляет, как правило, 0,01–0,3 г/т, на участках интенсивного прокварцевания зафиксированы интервалы со средним содержанием от 2 до 6 г/т на мощность от 1,6 до 6 м.

Аптаринский прогнозируемый золоторудный узел (II.1.3) расположен в южной части Восточно-Таннуольского района (см. рис. 2). Приурочен к тектонически осложнённому юго-восточному контакту Унгешского ареал-плутон и мелким массивам-сателлитам, которые прорывают породы кадвойской, серлигской и ирбитейской свит. Северо-западной границей узла служит эндоконтактовая часть плутон, сложенная преимущественно диоритами первой фазы таннуольского комплекса, прорванными гранитоидами второй фазы и мелкими массивами ордовикского арголикского комплекса. Юго-восточная граница проведена по экзоконтактовой надынtruзивной части плутон, сложенной раннекембрийскими вулканогенно-осадочными породами. Учитывая геофизические данные, наличие выходящих на дневную поверхность многочисленных апофиз и небольших массивов сателлитов среди вулканитов вдоль юго-восточного контакта плутон, можно предположить его пологое падение под раннекембрийские породы. Для данного узла характерно наличие потенциально промышленного оруденения золото-скарнового, жильного и прожилкового (штокверкового) золото-сульфидно-кварцевого типов.

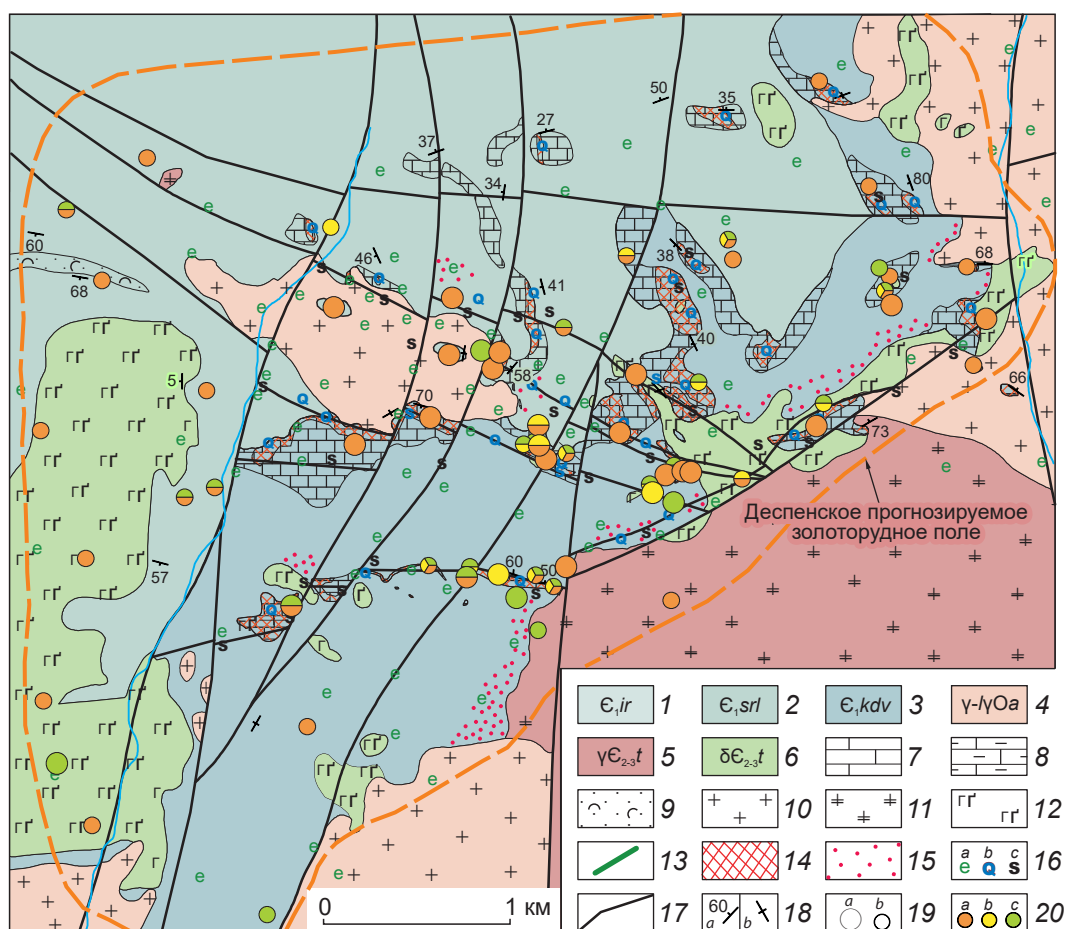
В наиболее исследованной на золото юго-восточной части Аптаринского узла, в междуречье Биче-Серлиг – Деспен, выделено *Деспенское прогнозируемое золоторудное поле (II.1.3.1)* [9]. Оно приурочено к провису кровли между Унгешским плутоном на северо-западе и группой разновозрастных массивов – Биче-Серлигским (О), Дыттыгхемским и Деспенским (Є₂₋₃) – на юго-востоке, в зоне пересечения крупных

разломов северо-восточного (Биче-Сайлыгский) и субширотного (Южно-Таннуольский) направлений. Золотое оруденение концентрируется в пределах небольшого участка (около 11 км²) на тектонически осложнённых крыльях Биче-Серлигской синклинали, чаще всего на контакте пород серлигской и ирбитейской свит (рис. 3).

Примером золотого оруденения в скарнах служит проявление Кварцевое. Оно расположено в центральной части Деспенского золоторудного поля, с поверхности проявлено вторичным геохимическим ореолом с содержанием Au 0,06–1,36 г/т. Проявление представлено окварцованными и сульфидизированными апоизвестковыми скарнами в экзоконтактовой зоне диоритов и плагиогранитов таннуольского комплекса с вулканогенно-осадочными породами серлигской свиты. Скарнированные породы прорываются массивом арголикского комплекса с возрастом 447 ± 2 млн лет [10].

Скарны состоят из четырёх основных минералов: граната, клинопироксена, волластонита и кальцита, иногда присутствует везувиан. Характерно наличие в золотоносных скарнированных породах многочисленных мелких, часто субпараллельных сульфидно-кварцевых прожилков мощностью 1–5 см, реже сульфидно-кварцевых жил мощностью 0,3–0,5 м (рис. 4). Количество кварца в скарнах достигает 30–40 %. Рудные минералы (0,5–5 %) образуют вкрапленность, иногда мелкие прожилки. Основными сульфидными минералами являются халькопирит, борнит и халькозин. Гораздо реже встречаются пирит, галенит, сфалерит, ковеллин и тетраэдрит, иногда гессит, акантит, науманнит, самородное золото. Кроме того, в рудах часто отмечаются магнетит и вторичные минералы – гематит, лимонит, гётит, малахит, хризоколла, ковеллин, куприт.

Скарнированные породы отличаются повышенным содержанием золота, как правило, 0,01–0,09 г/т. На участках, где на скарны наложена золото-сульфидно-кварцевая минерализация, оно повышается. Максимальное содержание золота в отдельных бороздовых пробах составляет 29 г/т, в штуфных – 86 г/т. Мощность рудных интервалов по данным бороздо-



вого и кернового опробования изменяется от 1 до 15–20 м. В пределах рудного поля выявлено более десяти интервалов мощностью 1–5 м с содержанием Au от 0,5 до 9,62 г/т. Наиболее значимые установленные содержания золота в канавах составили 2,34 г/т на мощность 19,6 м, в скважинах – 0,47 г/т на 82,4 м.

При изучении минерального состава технологической пробы в ФГБУ «ЦНИГРИ» был получен следующий средний состав руд, в %: кварц – 20, гранат (андрадит–гроссуляр) – 55, клинопироксен (диопсид–салит) – 2, кальцит и анкерит – 19,5, альбит – 3, сульфиды меди (халькопирит, борнит, халькозин, ковеллин) – 0,5, остальные минералы – единичные зёрна. Содержание золота в пробе составило 1,95 г/т. Золото находится не только в медьсодержащих сульфидах скарнов, но и в свободном виде как мельчайшая (реже зёрна размером до 1–2 мм)

вкрапленность в наложенном на скарны кварце. На основании результатов изучения вещественного состава руды и технологических исследований для переработки руды рекомендована сорбционно-цианистая схема, включающая измельчение исходной руды (80–85 %) до крупности 0,071 мм и сорбционное цианирование материала, обеспечивающее извлечение золота на смолу на уровне 93,85 %.

Главный золотосодержащий минерал в рудах – самородное золото. Оно наблюдается в аншлифах в виде рассеянных скоплений в кварце с размером отдельных индивидов 1–5 мкм (рис. 5, а). Развивается по трещинам (см. рис. 5, b) и межзерновым границам других минералов, часто сопровождается плёнками гидроксидов железа (см. рис. 5, c). Более крупное, макроскопически видимое золото образует уплощённые выделения неправильной формы разме-



Рис. 3. Геолого-поисковая схема прогнозируемого Деспенского золоторудного поля:

1 – ирбитейская свита (туфы смешанного состава, туфобрекчии, туфопесчаники, мраморизованные известняки); 2 – серлигская свита (андезибазалты, андезибазальтовые порфириды, андезиты, мраморизованные известняки, песчаники, алевролиты); 3 – кадвойская свита (метаморфизованные базальты, туфы, туфобрекчии, порфириды основного–среднего состава, известняки); 4 – арголикский комплекс (граниты, лейкограниты); таннуольский комплекс: 5 – граниты и плагиограниты второй фазы, 6 – габбродиориты, диориты, кварцевые диориты первой фазы; 7 – известняки, известняки мраморизованные светло-серые, серые; 8 – известняки с прослоями серых песчаников, алевролитов; 9 – туфы основного состава; 10 – граниты, лейкограниты; 11 – граниты, плагиограниты, тоналиты; 12 – габбродиориты, диориты, кварцевые диориты; 13 – торгалыкский и чазадырский комплексы нерасчленённые (габбродолериты, базальтовые порфириды, долериты); 14 – скарны и скарнированные породы с кварц-сульфидными прожилками; 15 – ороговикование; 16 – метасоматические изменения: а – эпидотизация, б – окварцевание, с – сульфидизация; 17 – разломы; 18 – элементы залегания слоёв: а – наклонное, б – субвертикальное; 19 – размер выделения полезного ископаемого: а – проявление, б – точка минерализации; 20 – вид полезного ископаемого: а – золото, б – серебро, с – медь

Fig. 3. Geological prospecting scheme of the Despen forecasted gold field:

1 – Irbitei formation: tuffs of mixed composition, tuff breccias, tuff sandstones, marbleized limestones; 2 – Serlig formation: andesibasalts, andesibasalt porphyrites, andesites, marbleized limestones, sandstones, siltstones; 3 – Kadvoi formation: metamorphosed basalts, tuffs, tuff breccias, porphyrites of basic to intermediate composition, limestones; 4 – Argolik complex: granites, leucogranites; Tannuola complex: 5 – granites and plagiogranites (second phase), 6 – gabbrodiorites, diorites, quartz diorites (first phase); 7 – light gray and gray limestones and marbleized limestones; 8 – limestones with intercalations of gray sandstones and siltstones; 9 – basic tuffs; 10 – granites, leucogranites; 11 – granites, plagiogranites, tonalities; 12 – gabbrodiorites, diorites, quartz diorites; 13 – Torgalyk and Chazadyr complexes, undifferentiated: gabbrodolerites, basalt porphyrites, dolerites; 14 – skarns and skarnified rocks with quartz-sulfide veinlets; 15 – hornfelsing; 16 – metasomatic alterations: a – epidotization, b – silicification, c – sulfidation; 17 – faults; 18 – layer attitudes: a – oblique, b – subvertical; 19 – scope of the mineral object: a – ore occurrence, b – mineral indication; 20 – metal: a – gold, b – silver, c – copper

ром до 0,5–2 мм (см. рис. 5, d–f). Кроме того, можно предположить, что золото присутствует и в медных минералах – борните, халькопирите и халькозине. Это обосновывается высокой положительной корреляцией золота и меди в геохимических пробах из коренных пород Деспенского золоторудного поля. Пробность золота варьирует от 793 до 910 ‰, при этом выделяются два максимума по пробности – 820 и 890 ‰. В золоте кроме серебра присутствует примесь меди до 0,2 % и в единичных случаях ртути (в отдельных зёрнах до 2,7 %).

По Деспенскому золоторудному полю ФГБУ «ЦНИГРИ» апробированы прогнозные ресурсы золота категории Р₂ 42,7 т до глубины 100 м и при среднем содержании золота 2,41 г/т.

Золотое оруденение золото-сульфидно-кварцевого типа распространено по всей площади Аптаринского узла. По морфологичес-

ким особенностям выделяются две разновидности – жильная и штокверковая. Первая представлена одиночными жилами или мощными линзами с серией апофиз. Мощность таких жил составляет обычно от 0,5 до 1,5 м, в единичных случаях достигает 3–9 м. К участкам повышенной дислоцированности, преимущественно раннекембрийских вулканогенных пород, приурочены штокверковые зоны, сложенные мало-мощными кварцевыми прожилками и жилами. Иногда в штокверках выделяются стволые жилы мощностью до 0,8 м, однако потенциально золотоносными являются все породы, насыщенные кварцевыми прожилками.

Жилы и прожилки сложены преимущественно кварцем (93–97 %), иногда встречаются эпидот, реже – хлорит, альбит, кальцит, анкерит. Рудные минералы – пирит, халькопирит, борнит, халькозин, магнетит, гематит – содер-

жаты в переменных количествах, как правило, на уровне 1–3 %. Выделяются жилы с преобладанием пирита или халькопирита. Обычно в жилах с преобладающей халькопиритовой минерализацией содержание золота более высокое и выдержанное, что, вероятно, отражает наличие его внутри медьсодержащих сульфидов. С поверхности в сульфидсодержащих жилах развиты лимонит, малахит, хризоколл, азурит, гётит, гидрогётит.

Примером золоторудной жильной золото-сульфидно-кварцевой минерализации с преобладанием пирита являются проявления и пункты минерализации в бассейнах рек Сувагтыг, Онгеш, Аптара, Чайлаг-Хем, Хошуктыг и др. Здесь обнаружены маломощные (0,1–0,7 м) кварцевые, реже эпидот-кварцевые и анкерит-кварцевые жилы с неравномерной вкрапленностью кристаллов пирита кубического, реже пентагон-додокаэдрического габитуса размером 1–4 мм в количестве около 0,5–3 %. Широко распространены лимонит, гётит, гидрогётит. Редко встречаются халькопирит, борнит, малахит. Содержание золота в жилах составляет 0,1–1 г/т, иногда достигает по бороздовым пробам 5,57 г/т.

На территории Аптаринского узла наиболее распространены жилы, в которых вместе с пиритом или без него присутствуют халькопирит, борнит и другие медьсодержащие минералы (водораздел рек Улуг-Серлиг и Хольчук-Холий, правобережье р. Чайлыг-Хем, верховья р. Хураган-Хем и др.). Рудные минералы содержатся в переменных количествах, в основном, на уровне 1–5 %. Распределение сульфидов по жилам гнездово-вкрапленное, на отдельных участках их количество может достигать 15–25 %. Содержание Au в них составляет 6,1 г/т, Cu 2,3 %, Ag 2,33 г/т.

На водоразделе рек Чайлыг-Хем и Хошуктыг, на площади около 5,4 км², широко развиты кварцевые жилы и штокверки как с пиритовой, так и с халькопиритовой минерализацией. Большая часть жил приурочена к контакту пород таннуольского комплекса и вулканогенных пород серлигской свиты, слагающих небольшие фрагменты в провисах кровли массива. Содержания золота в кварцевых жилах

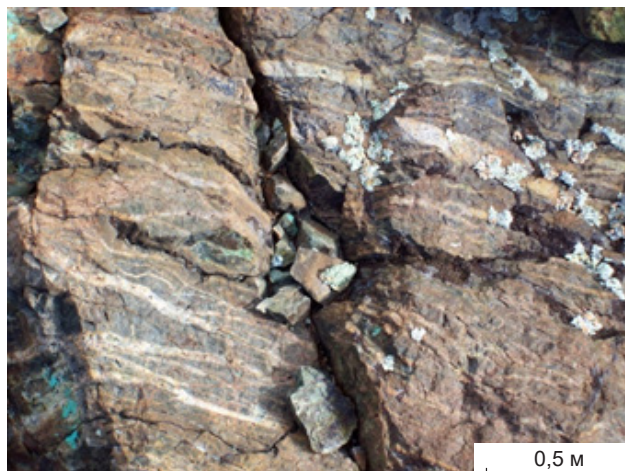


Рис. 4. Гранат-пироксеновые скарны с многочисленными субпараллельными сульфидно-кварцевыми прожилками, Деспенское золоторудное поле

Fig. 4. Garnet-pyroxene skarns with numerous subparallel sulfide-quartz veinlets, Despen gold field

варьируют в значительных пределах и, вероятно, отражают его крайне неравномерное распределение. В некоторых жилах нами определены содержания Au до 1,55 г/т. На отдельных участках, приуроченных к интенсивно дислоцированным породам, зонам пересечения разломов различного направления развиты кварцевые штокверки, содержащие вкрапленную медьсодержащую с золотом сульфидную минерализацию. Наиболее мощная зона штокверковой золото-сульфидно-кварцевой минерализации с шириной выхода на поверхность около 120 м обнаружена в диоритах первой фазы таннуольского комплекса. Мощность отдельных жил от 1 до 10 см, максимальная 0,8 м. Жилы штокверка включают минерализацию халькопирита, гётита, азурита и малахита. Халькопирит наблюдается в виде вкрапленности, на некоторых участках образует гнёзда до 2 см в сечении. Содержание Cu 9 %, Ag 4,8 г/т, Au 0,67 г/т (штуфная проба).

В юго-восточной части ВТРП выделяется **Шивилигский прогнозируемый золоторудный узел (II.1.4)** (см. рис. 2), аналогичный по

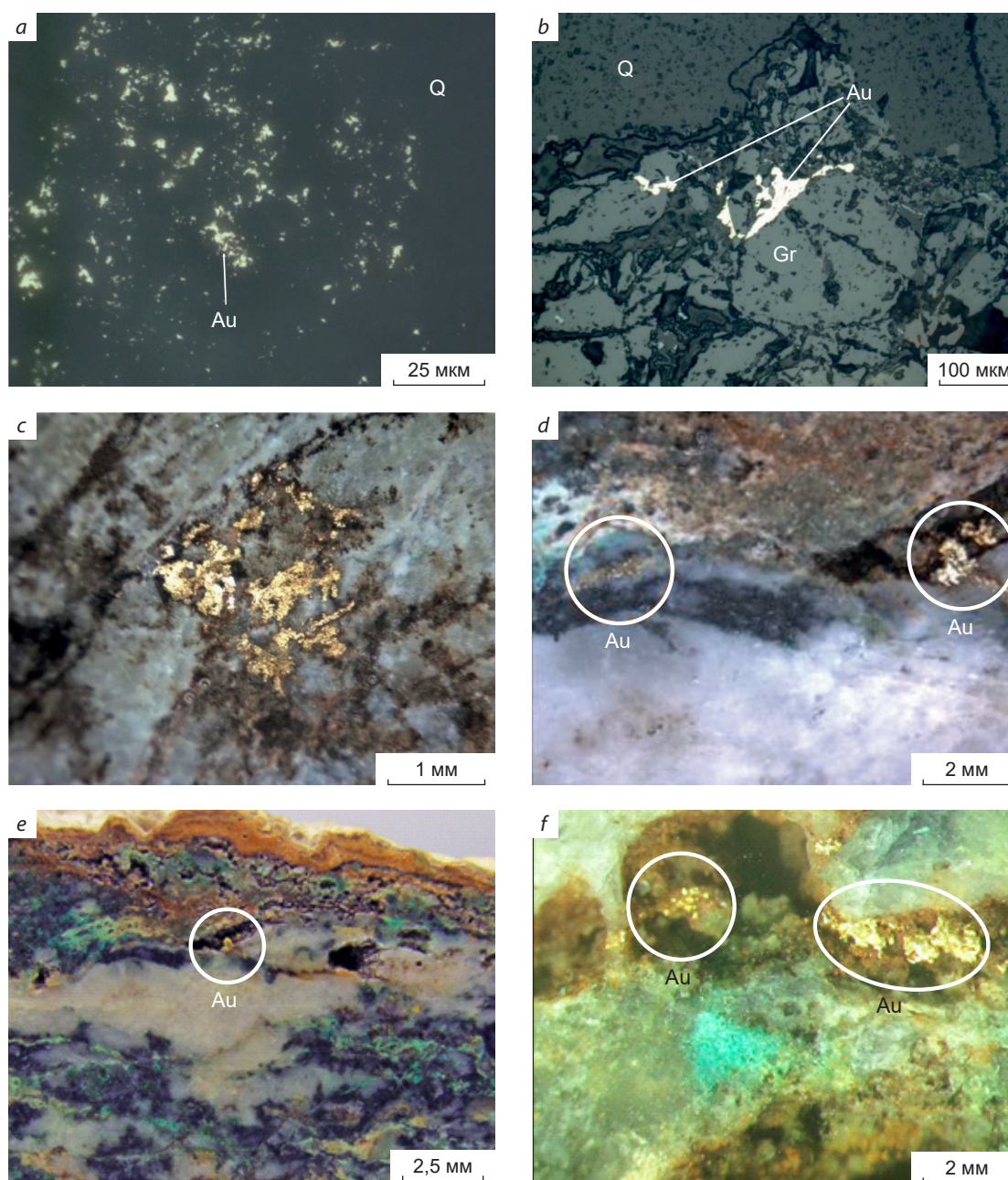


Рис. 5. Золото в окварцованных и сульфидизированных скарнах Деспенского золото-рудного поля:

a – тонкая вкрапленность золота в кварце; *b* – золото в трещинах в гранате; *c* – золото с гидроксидами железа в гранат-кварцевом агрегате; *d–f* – выделения видимого золота в окварцованных скарнах с халькопиритом, халькозином, малахитом, лимонитом; Q – кварц; Au – золото; Gr – гранат

Fig. 5. Gold in polished sections from silicified and sulfidized skarns of the Despen gold field:

a – fine dissemination of gold in quartz; *b* – gold within cracks in garnet; *c* – gold with iron hydroxides in garnet-quartz aggregate; *d–f* – visible gold segregations in silicified skarns with chalcopyrite, chalcocite, malachite, limonite; Q – quartz; Au – gold; Gr – garnet

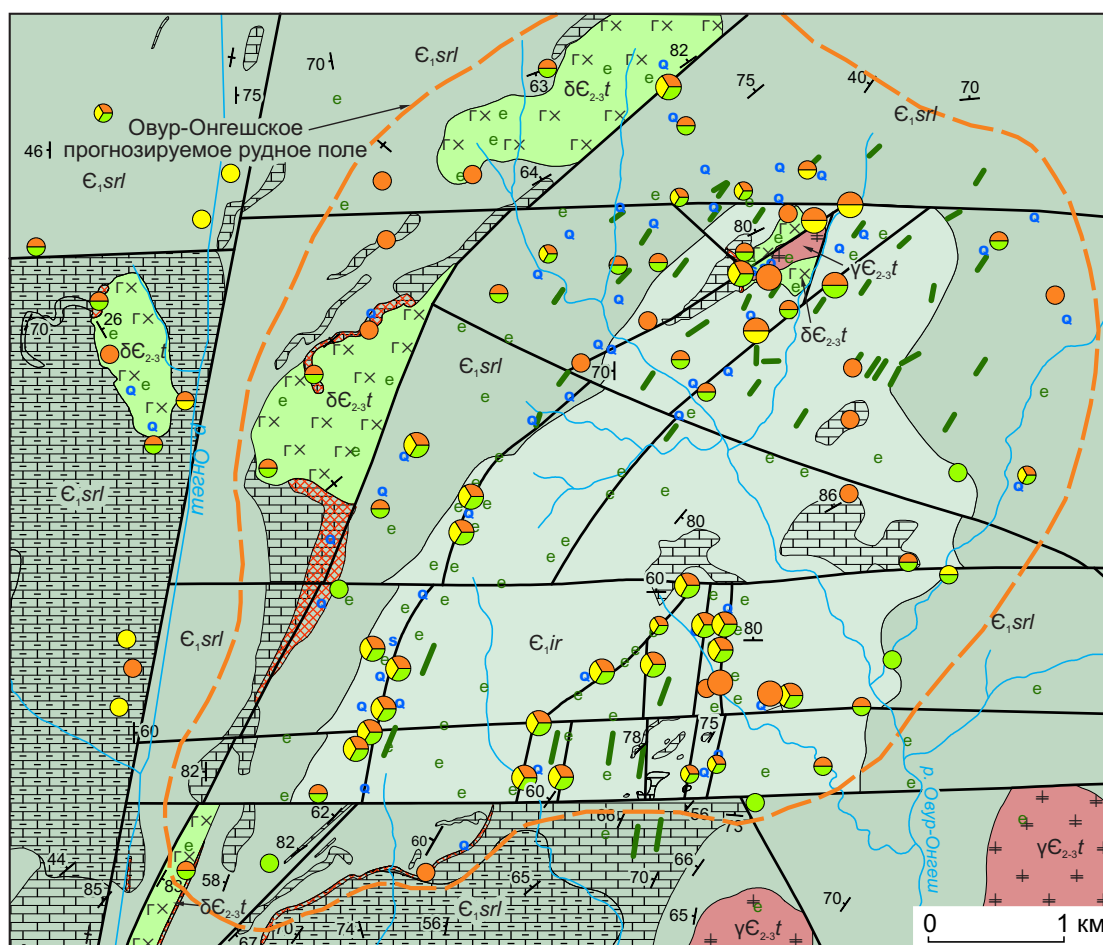


Рис. 6. Геолого-поисковая схема Овур-Онгешского золоторудного поля:

усл. обозн. см. рис. 3

Fig. 6. Geological-prospecting scheme of the Ovor-Ongesh gold field:
see Fig. 3 for legend

геологическому строению и типу оруденения Аптаринскому и Элегест-Межегейскому узлам. Здесь широко распространено золото-сульфидно-кварцевое жильное и прожилковое, а также золото-скарновое оруденение. Кроме того, в южной части известны единичные находки медно-молибденовой минерализации в глыбах кварца и гранитов таннуольского комплекса. В северо-восточной части на основании анализа геологических данных, результатов геохимических поисков масштаба 1 : 200 000 оконтурено прогнозируемое Верхне-

Дургановское золото-вольфрам-медно-молибденовое рудное поле (II.1.4.2).

В юго-западной части узла выделено Овур-Онгешское золоторудное поле (II.1.4.1). В его пределах в 2012–2014 гг. в небольшом объеме проведены поисковые работы. Золоторудное поле приурочено к синклинали с осью, ориентированной в северо-северо-восточном направлении (рис. 6). Синклиналь осложнена субширотными разломами, а западное крыло – серией разломов северо-северо-восточного направления. Ядерная часть сложена породами

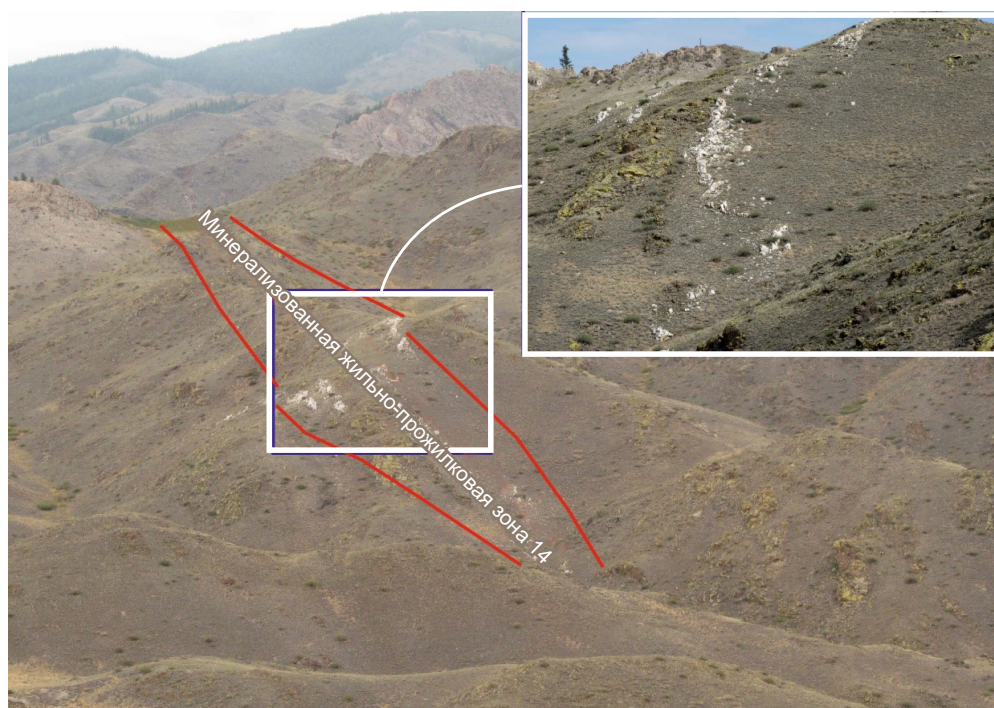


Рис. 7. Минерализованные жильно-прожилковые зоны Овур-Онгешского золоторудного поля

Fig. 7. Mineralized vein-veinlet zones, Ovur-Ongesh gold field

ирбитейской свиты, крылья – серлигской свиты. Интрузивные образования представлены выходами пород таннуольского комплекса и большого количества даек разного возраста и состава. Породы таннуольского комплекса представлены диоритами первой фазы и плагиогранитами второй фазы. Вдоль контактов диоритов с карбонатными породами встречаются скарны.

По результатам геохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния, выполненных геологами АО «СНИИГГиМС», Овур-Онгешское золоторудное поле соответствует крупным аномалиям Au с содержанием 0,01–0,07 г/т, в отдельных точках до 0,3 г/т. Среди минералов тяжелой фракции шлихов из делювиальных и аллювиальных отложений в пределах рудного поля отмечаются гранат, барит, шеелит, золото, малахит, пирит, лимонит, магнетит, ковеллин, азурит, самородная медь, ярозит.

Для Овур-Онгешского золоторудного поля характерно развитие большого количества кварцевых жил, которые преимущественно встречаются в пропилитизированных базальтах, туфах основного состава серлигской и ирбитейской свит и сопровождаются зонами кварц-эпидот-хлорит-серицитовых метасоматитов. Содержание золота в пропилитизированных породах составляет 0,01–0,09 г/т, иногда до 0,2 г/т. Мощность жил изменяется от первых сантиметров до 5 м, длина жил – от первых метров до первых сотен метров. Наблюдаются как отдельные жилы, так и серии параллельных или кулисных жил, штокверки. Жилы чаще всего образуют выраженные линейные зоны, приуроченные к участкам разломов разного уровня. В минерализованных зонах, как правило, выделяются серии стволовых жил мощностью 0,5–3 м (рис. 7) и прожилки.

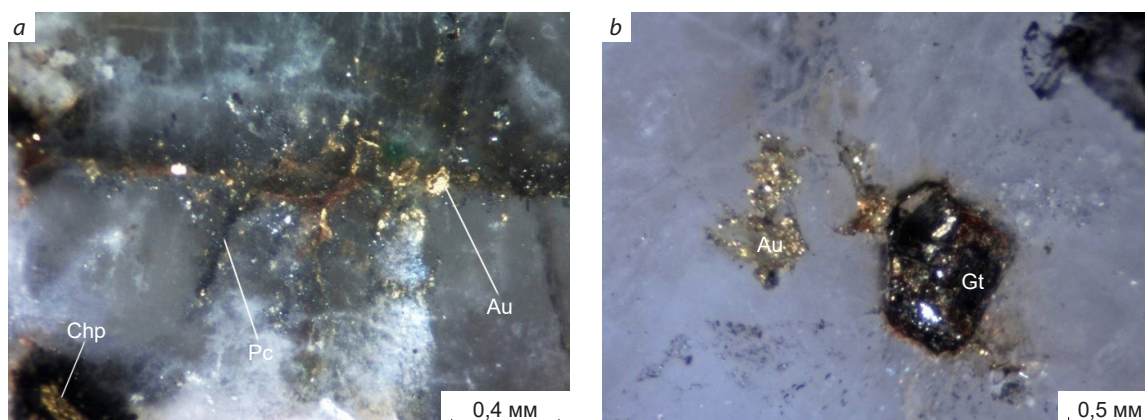


Рис. 8. Золото в аншлифах из кварцевых жил Овур-Онгешского золоторудного поля:

a – самородное золото с петцитом в кварце; *b* – самородное золото возле гётитовой псевдоморфозы по пириту в кварце; Au – золото; Pc – петцит; Chp – халькопирит; Gt – гётит

Fig. 8. Gold in polished sections from quartz veins of the Ovor-Ongesh gold field:

a – native gold with petzite in quartz; *b* – native gold near a goethite pseudomorph after pyrite in quartz; Au – gold; Pc – petzite; Chp – chalcopryrite; Gt – goethite

По результатам поисковых работ в пределах Овур-Онгешского рудного поля выделены десять минерализованных жильно-прожилковых зон. Содержания золота в них варьируют от 0,05 до 0,2 г/т, а мощности составляют десятки метров, в отдельных случаях по канавам и скважинам выявлены пересечения до 137–165 м. По простиранию зоны прослеживаются на 500–700 м, иногда до 2200 м. Внутри таких минерализованных зон установлены сечения мощностью 1–2 м с содержанием Au 1–3 г/т (до 9,99 г/т) по бороздovому опробованию и до 50,73 г/т по штучному. Данные результаты свидетельствуют о значительных масштабах гидротермально-метасоматической деятельности в пределах Овур-Онгешского золоторудного поля. Рудные минералы в кварцевых жилах представлены халькопиритом, борнитом, халькозином, иногда с пиритом, магнетитом, гематитом. В отдельных жилах выявлено видимое самородное золото.

Наиболее распространённый жильный минерал – кварц (95–99 %), в небольших количествах (до 1–5 %) присутствуют кальцит, эпидот, хлорит, серицит. Рудные минералы составляют не более 1–2 %, в редких случаях до 5 %.

Они представлены магнетитом, гематитом, пиритом, халькопиритом, борнитом, халькозином, ковеллином, самородным золотом. Встречаются также теллуриды золота и серебра (алтаит, гессит и петцит) (рис. 8, *a*), самородное серебро. Вторичные минералы представлены лимонитом, гётитом, купритом, малахитом, азуритом. Текстура руд вкрапленная, прожилково-вкрапленная, иногда брекчиевидная.

На площади выделяются два типа жил с сульфидной минерализацией. Первый тип содержит магнетитовую и медную сульфидную минерализацию, второй – обильную пиритовую минерализацию с незначительным количеством сульфидов меди. Кварцевые жилы с пиритовой минерализацией характерны для северо-восточной части участка. Золото в них присутствует в самородном виде. Образует плёнки по границам окисленного пирита и кварца или выделения неправильной формы возле гётитовых псевдоморфоз по пириту (см. рис. 8, *b*).

Кварцевые жилы с магнетитом и медной сульфидной минерализацией характерны для западной и южной частей Овур-Онгешского поля. Магнетит отмечается в зальбандах жил



и в приконтактовых частях вмещающих пород. Часто сопровождается хлоритом, эпидотом. Вероятнее всего, образование магнетита происходило на ранних этапах формирования жил. Медная сульфидная минерализация является более поздней, чем магнетитовая, и в отличие от неё фиксируется не во всех жилах. Сульфиды представлены халькопиритом, борнитом, халькозином. Встречаются как в зальбандах, так и в виде гнёзд, рассеянной вкрапленности или прожилков по всему объёму жил. Количество сульфидов увеличивается в участках дробления кварцевых жил, где они служат цементом кварцевых брекчий.

Золото обнаружено как в жилах с пиритовой минерализацией, так и в кварцевых жилах с медьсодержащими сульфидами, достигая размеров 2–3 мм (рис. 9, а). В жилах только с магнетит-гематитовой минерализацией, без наложенной сульфидной, золото отсутствует или его содержание не превышает 0,1–0,2 г/т. По морфологии самородное золото в кварцевых жилах губчатое (см. рис. 9, б), тонкопластинчатое, чешуйчатое (см. рис. 9, в). Губчатое золото представлено изометрическими выделениями неправильной формы с очень неровной матовой поверхностью и пористым строением. Размер выделений от долей миллиметра до 1–2 мм. Всё найденное губчатое золото находилось в гнёздах, выполненных гидроксидами железа, часто с колломорфными структурами. Тонкопластинчатое и чешуйчатое золото развивается по межзерновым границам и трещинам в кварце, иногда образует отчётливо выраженные дендриты размером до 2–3 мм (см. рис. 9, д).

Пробность самородного золота из кварцевых жил Овур-Онгешского золоторудного поля на уровне 928–960, в среднем около 950 ‰. Из примесей обнаружены Ag (3,4–10,2 ‰), в среднем 6,4 ‰ и Cu (0,4–1,9 ‰).

В результате поисковых работ по Овур-Онгешскому прогнозируемому золоторудному полю в ФГБУ «ЦНИГРИ» апробированы прогнозные ресурсы золота категории P_2 19,8 т при среднем содержании золота 5 г/т.

Ирбитейский прогнозируемый золото-серебро-полиметаллический узел (II.1.2) рас-

положен в западной части Восточно-Танну-ольского района (см. рис. 2). Полиметаллическая минерализация приурочена к вулканитам преимущественно среднего и кислого составов серлигской свиты, реже к породам ирбитейской свиты, которые прослеживаются в юго-западной части ВТРП в виде полосы северо-восточного простирания на протяжении 40 км при ширине 5–10 км. Наиболее изучено проявление цинка, меди и свинца Подперевальное в истоках р. Холу. Здесь среди вулканитов серлигской свиты по результатам ГСР-50 В. И. Лебедевым (1975 г.) и геохимических поисков С. А. Яровым (1990 г.) выявлены зоны хлоритовых и кварц-серицитовых метасоматитов мощностью от десятков до первых сотен метров, протяжённостью первые километры с линзами вторичных кварцитов. Метасоматитам отвечают вторичные ореолы и потоки рассеяния Zn (0,015–0,5 ‰), Pb (0,005–0,2 ‰), Cu (0,01–0,5 ‰), Mn (0,01–0,6 ‰), Ba (0,05–0,5 ‰), Ag, Cd, Au и сульфат-иона. Горными работами установлены три рудных пересечения с содержанием суммы металлов (Zn + Pb + Cu) около 3,5 ‰ на 2,5 м, 9 ‰ на 7 м и 5 ‰ на 20 м. Содержания Ag достигают 131 г/т, Au – 0,55 г/т.

В результате работ по ГДП-200/2 поисковые признаки золотосодержащей полиметаллической минерализации прослежены северо-восточнее и юго-западнее проявления Подперевальное. Выявлены линейные зоны баритизации вулканогенно-осадочных пород серлигской свиты, участки кварц-пирит-серицитовых метасоматитов и вторичных кварцитов. В зонах сульфидизации наиболее распространены пирит, халькопирит, сфалерит, галенит. Опробование коренных пород в пределах Ирбитейского прогнозируемого узла позволило выделить первичные геохимические аномалии с содержанием Cu 0,1–14,2 ‰, Pb 0,01–0,13 ‰, Zn 0,1–0,84 ‰, Ba до > 2 ‰, Ag 1–126,6 г/т, Au 0,1–1,6 г/т, а также пункты минерализации в сульфидизированных риолитах с содержанием Pb 0,05–0,1 ‰, Zn до 0,8 ‰, Ag от 0,3–0,9 до 6,2 г/т. В шлихах из аллювиальных и делювиальных отложений установлены золото, барит, лимонит, пирит, азурит, галенит, малахит.

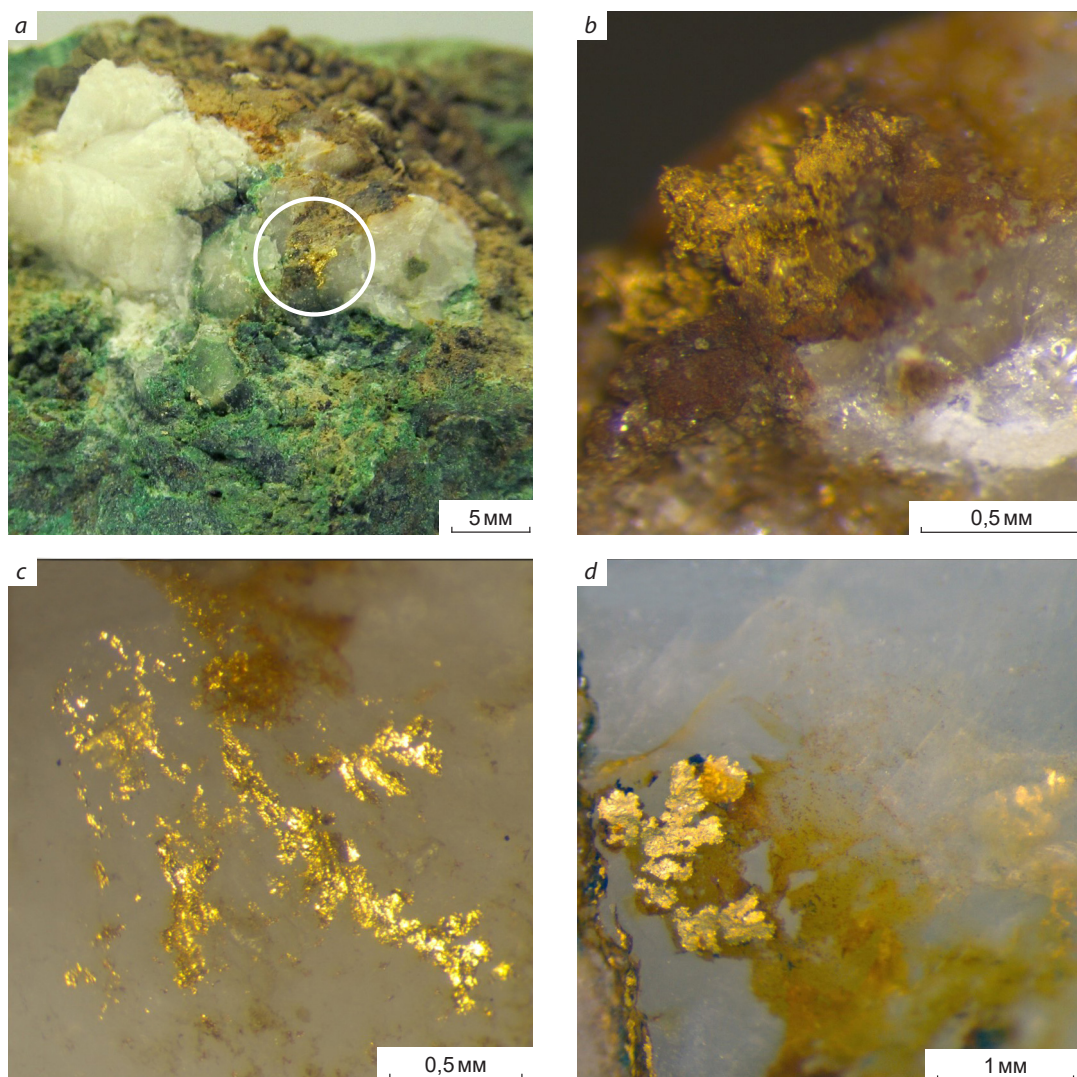


Рис. 9. Морфология золота в кварцевых жилах Овур-Онгешского золоторудного поля:

a – видимое золото в брекчированной кварцевой жиле с халькопиритом, лимонитом, малахитом; *b* – губчатое золото в лимоните; *c* – чешуйчато-пластинчатое золото; *d* – дендритовидное золото

Fig. 9. Morphology of gold in quartz veins of the Ovor-Ongesh gold field:

a – visible gold in a brecciated quartz vein with chalcopyrite, limonite, malachite; *b* – sponge gold in limonite; *c* – flaky-laminated gold; *d* – dendritic gold

Большая часть выявленных на данный момент проявлений и пунктов минерализации с золотосодержащей полиметаллической минерализацией Ирбитейского прогнозируемого узла приурочена к экзоконтактовой северо-западной зоне Унгешского ареал-плутона. Зона контакта вытянута в северо-восточном

направлении конформно с простиранием вулканогенных пород. Исходя из имеющихся геологических и минералогических данных можно предположить, что на отдельных участках произошла перекристаллизация и обогащение первичных вулканогенно-осадочных руд.



По подавляющему большинству геологоструктурных, геологических, минералогических и геохимических критериев оруденение Ирбитейского прогнозируемого узла подобно оруденению Кызыл-Таштыгского (Туматтайгинского) полиметаллического узла в северо-восточной части Таннуольско-Улугойской металлогенической зоны. Здесь известны крупное по запасам Кызыл-Таштыгское месторождение и несколько недоизученных объектов – Кызыл-Ташское, Улуг-Ойское проявления и др. Результаты проведенных работ по ГДП-200/2 и ранее полученные данные позволили оценить прогнозные ресурсы Ирбитейского узла категории P_3 и апробировать их на НТС ФГБУ «ВСЕГЕИ» для Zn – 1,2 млн т, Pb – 0,182 млн т, Cu – 0,124 млн т, Ag – около 2 тыс. т.

Харалыгский прогнозируемый золото-серебро-полиметаллический рудный узел (II.1.5) характеризуется аналогичными Ирбитейскому узлу геологическим строением и минерализацией. Рудный узел расположен на юго-восточном фланге ВТРР, где прослеживается в виде узкой полосы длиной около 35 км при ширине 2–6 км в северо-западном направлении. Площадь узла сложена вулканогенно-осадочными породами серлигской, ирбитейской и манайлыгской свит. В поле развития вулканитов установлены контрастные потоки рассеяния Pb до 0,01 %, Zn до 0,08 %, Cu до 0,06 %, Ba до 0,04 %, Ag до 0,1 г/т, Au до 0,1 г/т, Cd, Mo, неизученные зоны прожилково-вкрапленной пиритовой и вкрапленной халькопиритовой, галенитовой и сфалеритовой минерализации, шлихи с золотом, галенитом, баритом. Кроме того, в экзоконтактовых частях плагиогранитов таннуольского комплекса обнаружены магнетитовые скарны с галенитовой и халькопиритовой минерализацией.

Степень изученности Харалыгского прогнозируемого узла крайне низкая, даже на фоне низкой изученности всей Тывы. Экспертным образом с использованием геохимических данных и по аналогии с Улуг-Ойским и Ирбитейским узлами нами оценены прогнозные ресурсы P_3 для Zn на уровне 1,4 млн т, Pb – 0,2 млн т, Cu – 0,2 млн т, Ag – 1000 т, Au – 30 т.

Таннуольско-Улугойская металлогеническая зона рассматривается нами как одна из наиболее перспективных в Алтае-Саянской минерагенической провинции на золотосодержащее молибден-медно-порфировое оруденение. В её северо-восточной части известны крупное Ак-Сугское месторождение, перспективное Кызык-Чадское проявление и ряд других проявлений и пунктов минерализации. В северо-западной части Восточно-Таннуольского района нами выделено Улуг-Сайлыгское (II.1.0.1), а в юго-западной части Ак-Чаринское прогнозируемые медно-молибденовые рудные поля (II.1.0.2) (см. рис. 2).

Улуг-Сайлыгское прогнозируемое золото-медно-молибден-порфировое рудное поле приурочено к породам второй фазы таннуольского комплекса, которые прорываются небольшим телом гранитов аргоникского комплекса. В кровле интрузий встречаются останцы вулканогенно-осадочных пород серлигской свиты. Широко распространены разновозрастные дайки кислого состава.

В северной части Улуг-Сайлыгского поля при проведении геохимических работ С. А. Яровым с коллегами выявлены контрастный аномальный поток рассеяния Mo (содержание 0,0005–0,002 %), W (0,0006–0,001 %) и литохимический вторичный ореол рассеяния Mo с содержанием 0,0005–0,005 %, в эпицентре до 0,012 %. Позднее при ГДП-200/2 в районе вторичного ореола Mo выявлены и прослежены зоны калишпатизации и пиритизированные кварц-биотит-альбитовые метасоматиты, развитые по гранитоидам и вулканитам. Среди гранитоидов и метасоматитов имеются многочисленные сульфидно-кварцевые прожилки. Как в прожилках, так и в гранитах таннуольского комплекса установлена вкрапленность молибденита и халькопирита. По данным полуколичественного спектрального анализа штучных проб содержание Mo изменяется от 0,002–0,006 % до > 0,05 %, Cu – от 0,012 до 0,028 %, в единичных случаях до 0,37 %.

Ак-Чаринское прогнозируемое золотосодержащее молибден-медно-порфировое рудное поле приурочено к небольшому гранитному массиву предположительно второй фазы танну-

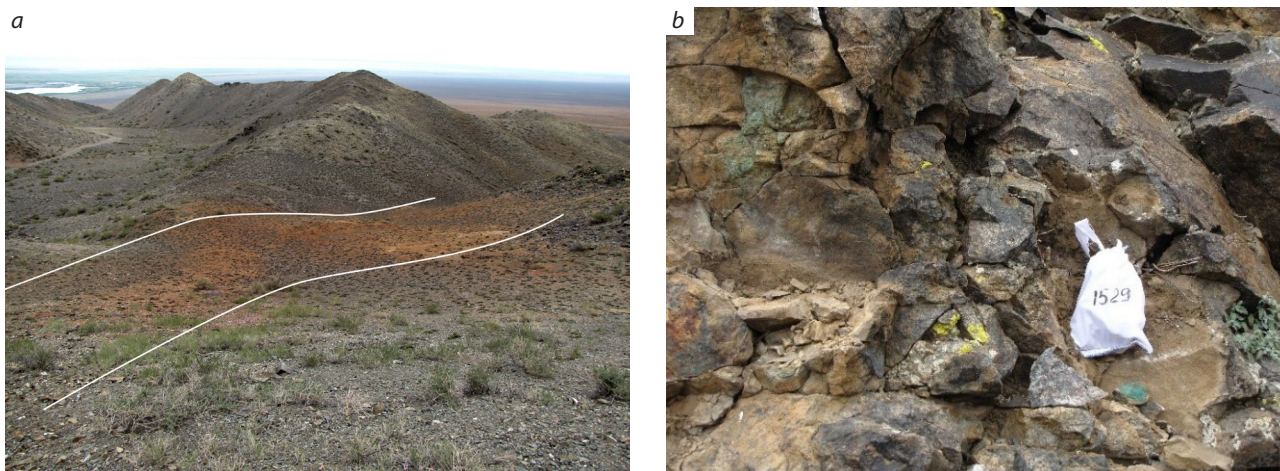


Рис. 10. Ак-Чаринское золотосодержащее медно-порфировое проявление:

линейная зона лимонитизации (бурое) по вкрапленной халькопирит-пиритовой минерализации в гранодиоритах таннуольского комплекса (а), лимонитизированные и малахитизированные гранодиориты второй фазы таннуольского комплекса с вкрапленной халькопирит-пиритовой минерализацией (б)

Fig. 10. Ak-Charinsk gold-containing porphyry copper occurrence:

a – linear zone of limonitization (brown) after disseminated chalcopyrite-pyrite mineralization in granodiorites, *b* – limonitized and malachitized granodiorites of the second phase of the Tannuola complex with disseminated chalcopyrite-pyrite mineralization

ольского комплекса, прорывающему вулкани-
ты серлигской свиты и перекрытому в южной
части кайнозойскими отложениями. Тело гра-
нитов вытянуто в субмеридиональном направ-
лении. В его центральной части находится зо-
на дробления и гидротермальной проработки
шириной 50–150 м, протяжённостью более 2 км,
насыщенная кварцевыми прожилками (рис. 10).
В пределах зоны распространена вкрапленная
пиритовая и халькопиритовая минерализация.
По данным геохимических работ С. А. Ярово-
го (1990 г.), минерализованная зона трассиру-
ется вторичными ореолами Cu (0,01–0,3 %), Mo
(до 0,0004 %), Zn (0,01–0,04 %), Ag. По резуль-
татам опробования на разных участках зоны
в коренных породах содержатся Cu 0,03–0,6 %
(максимально до 4,5 %), Mo до 0,008 %, Au 0,06–
0,15 г/т (в отдельных пробах до 1,17 г/т). По ре-
зультатам пунктирно-бороздowego опробова-
ния (по данным С. А. Ярового) вквост прости-
рания зоны установлен интервал длиной 127 м
со средним содержанием Cu 0,44 %, Au 0,2 г/т.

**Закономерности распространения и ме-
таллогенические эпохи формирования золо-
того и золотосодержащего оруденения.** Ана-
лиз геологических, геохимических, геофизиче-
ских, металлогенических и изотопно-геохро-
нологических данных позволяет предполагать,
что определяющими для формирования зо-
лотого и золотосодержащего оруденения ВТРР
и его локализации являются магматический,
структурно-тектонический, литолого-страи-
графический, метасоматический и геохими-
ческий металлогенические факторы.

Магматический фактор – наиболее значи-
мый для формирования золотосодержащего
колчеданно-полиметаллического и молибден-
медно-порфирового, золото-скарнового и золо-
то-сульфидно-кварцевого типов оруденения.

Золотосодержащее колчеданно-полиметал-
лическое оруденение связано с вулканизмом
в условиях энсиматической островной дуги и
его поствулканической гидротермальной дея-
тельностью. Наблюдается отчётливая приуро-



ченность полиметаллической минерализации к вулканитам в пределах Ирбитейского узла.

Признаки золотосодержащей молибден-медно-порфировой минерализации распространены в полях развития пород второй фазы таннуольского и арголикского комплексов, прорывающих раннекембрийские вулканогенно-осадочные породы.

Формирование золотого жильного и прожилково-жильного оруденения связывается с преобразованием вмещающих пород (эпидотизация, скарнирование, окварцевание) при внедрении массивов майнского комплекса и первой фазы таннуольского комплекса и формированием кварцевых жил из гидротермальных растворов при внедрении тел второй фазы. Наиболее благоприятны для локализации золотого оруденения – приконтактные и надкровельные зоны интрузивов. Скарны с магнетитовой и золотой минерализацией приурочены преимущественно к экзоконтактовым зонам извилистых границ пород майнского и таннуольского комплексов. На участках пространственного совмещения скарнированных пород, окварцевания и кварцевых жил наблюдается повышение содержания золота и меди.

Структурно-тектонический фактор – наиболее важный для контроля оруденения, приуроченного к зонам разломов, сопровождающихся интенсивной трещиноватостью, брекчированием и расщеплением пород. Для наиболее изученных рудных полей установлена их приуроченность к тектонически осложненным складчатым структурам. Рудные поля расположены в участках пересечения крупных разломов, главным образом субширотного и северо-восточного направлений. Обе системы разломов сопровождаются более мелкими разломами. Тектонические зоны рассматриваются как благоприятные структуры для циркуляции гидротермальных растворов и участков их разгрузки. Развитие многочисленных разноориентированных, неоднократно подновляемых разломов среди различных по петрографическому составу и физико-механическим свойствам пород послужило хорошей средой для формирования жильно-прожилковых зон и штокверков сульфидно-кварцевого состава.

Значимость *литолого-стратиграфического фактора* выражается приуроченностью многих признаков золотоносности к раннекембрийским вулканогенно-осадочным породам, которые характеризуются благоприятными набором пород и их вещественным составом. Для вулканитов характерны повышенные содержания рудных компонентов – Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe. В этой связи породы кадвойской, серлигской, ирбитейской и манайлыгской свит могут рассматриваться как рудоматеринские.

В разрезах наблюдается частая смена прослоев различного состава – известняков, туфопесчаников, туфов, алевролитов, туфоалевролитов, базальтов, риолитов, андезитов и др. Кроме того, раннекембрийские разрезы насыщены многочисленными разновозрастными субвулканическими и интрузивными телами. При коллизионных событиях и формировании складчатости эти породы подвергались интенсивной дислокации. Так, в раннекембрийских вулканогенно-осадочных породах формировались многочисленные проницаемые для гидротермальных растворов зоны. Такие особенности строения раннекембрийских толщ, вероятно, отражают разные палеофациальные условия их формирования и частую смену условий осадконакопления. Пёстрые по составу вулканогенно-осадочные породы, характеризующиеся разными физикомеханическими свойствами, рассматриваются как благоприятная среда для формирования многочисленных трещин, к которым приурочены более поздние жилы и прожилки.

Метасоматический фактор является определяющим для тех видов полезных ископаемых, которые связаны с формированием метасоматических пород – железо, медь, свинец, цинк, золото. Из рудоносных метасоматических пород в пределах ВТПР известны скарны, кварц-серицитовые метасоматиты, кварциты и березиты. Известковые скарны широко распространены в экзоконтактовых, реже эндоконтактовых частях массивов майнского комплекса и первой, реже второй фазы таннуольского комплекса. Как правило, они эпидот-гранат-пироксенового состава и сопровождаются повышенным количеством магнетита. На уча-

стках наложения на скарны медной сульфидной и кварцевой минерализации наблюдается значительное увеличение содержания золота.

Кварц-серицитовые метасоматиты и кварциты наиболее широко проявлены в пределах Ирбитейского узла среди вулканитов среднего и кислого составов. С полем развития кварц-серицитовых метасоматитов пространственно связана полиметаллическая минерализация.

Березиты формируют линейные зоны, приуроченные к тектоническим нарушениям золоторудных полей Деспенское, Чумуртукское и Проездное. Они характеризуются пирит-альбит-серицит-кварцевым составом и образуют зоны мощностью до первых десятков метров, протяжённостью сотни метров. Для березитов отмечаются повышенные содержания золота (сотые доли г/т, до 0,5 г/т), однако рудные тела пока не установлены.

Геохимический фактор рассматривается как один из наиболее важных для металлогенической специализации ВТРР. На основе геохимических материалов ГДП-200/2 (М-46-Х) и данных геохимических поисков предшественников можно сделать вывод о том, что раннекембрийские вулканогенно-осадочные породы ВТРР характеризуются повышенным содержанием рудных компонентов, таких как Cu, Pb, Zn, Cr, Fe, Ag, Sb. Сидеро-халькофильная специализация раннекембрийских эффузивов основного и среднего составов во многом определила металлогенические особенности ВТРР. Повышенное содержание халькофильных и сидерофильных элементов также отмечается в габбро, диоритах и даже гранитоидах майнского и таннуольского комплексов, в меньшей степени арголиковского. Вероятно, породы кадвояской, серлигской, ирбитейской и манайлыгской свит могли быть отчасти источником рудных компонентов.

Анализ геологических, минералогических и изотопно-геохронологических данных позволяет предполагать, что формирование золото- и золотосодержащего оруденения ВТРР происходило в каледонскую металлогеническую эпоху на двух стадиях – ранней раннекембрийской (541–515 млн лет) и поздней среднекембрийско-ордовикской (510–445 млн лет). В по-

следующие временные этапы отмечается воздействие локально проявленного герцинского магматизма на ранее сформированную золотую минерализацию. Например, для Овур-Онгешского золоторудного поля установлено повышение пробности золота до 990–1000 ‰ в местах, где золотоносные кварцевые жилы прорываются дайками предположительно торгалыкского комплекса.

На ранней стадии в связи с образованием вулканитов серлигской, ирбитейской, манайлыгской свит и гидротермальной деятельностью в палеовулканических структурах формировалось оруденение золотосодержащей колчеданно-полиметаллической формации. Пункты минерализации и геохимические аномалии Cu, Pb, Zn, Ag, Ba, Cd распространены по территории всего района в поле вулканогенно-осадочных пород и концентрируются в Ирбитейском и Харалыгском узлах. Предполагается, что раннекембрийские породы с повышенным содержанием элементов сидерофильной и халькофильной групп часто являлись рудовмещающей средой и источником рудного вещества для более поздних рудообразующих событий и во многом определили металлогеническую специализацию всей Таннуольско-Улугуйской металлогенической зоны.

С породами майнского комплекса связано формирование золото-сульфидно-кварцевых жил и маломощных зон скарнирования. К плагиогранитам майнского комплекса приурочены маломощные, обычно менее 1 м, кварцевые жилы и прожилки с халькопиритовой, реже пирит-халькопиритовой минерализацией. Также известны пункты минерализации с магнетитом в скарнированных породах кадвояской и серлигской свит. Сравнительно небольшое распространение пород майнского комплекса определяет его небольшое значение для рудного потенциала ВТРР. Однако наличие островодужного субвулканического и интрузивного магматизма, вероятно, играло важную роль для концентрации и перераспределения рудных элементов раннекембрийских вулканогенно-осадочных толщ. Как правило, именно в ареалах развития раннекембрийских даек и небольших массивов майнского комплекса на



более поздней кембрийско-ордовикской стадии формировалось наиболее богатое золотое оруденение.

Среднекембрийско-ордовикская стадия имеет большое значение в формировании золоторудного потенциала ВТРР. С одной стороны, это обусловлено более масштабным магматизмом, с другой – интенсивными складчато-разрывными дислокациями раннекембрийских пород при их аккреции в среднем–позднем кембрии, что привело к формированию многочисленных разломов, зон брекчирования и трещиноватости, благоприятных для циркуляции гидротермальных растворов.

Тектонический «рисунок», вероятно, сформировался на аккреционной стадии эволюции региона в среднем–позднем кембрии. Затем в ордовике, раннем девоне и мезозое активизировались существующие и заложились новые разломы различных порядков. На среднекембрийско-ордовикской стадии сформирована большая часть проявлений золота и меди жильного золото-сульфидно-кварцевого типа, а также золота, меди и железа в скарнах. Образование гидротермально-метасоматических пород связано с внедрением массивов первой и второй фаз таннуольского комплекса диорит-гранодиорит-плагиогранитной формации в раннекембрийские вулканогенно-осадочные породы кадвойской, серлигской, ирбитейской и манайлыгской свит.

Исходя из геологических и минералого-геохимических данных можно предположить, что масштабное формирование скарнов с магнетитом связано с образованием крупных массивов первой фазы таннуольского комплекса. С внедрением массивов второй фазы связано формирование зон окварцевания, кварцевых жил и прожилков. На участках пространственного совмещения скарновой и кварцевожильной минерализации наблюдается повышение содержания золота и меди. Это обусловлено тем, что скарны, с одной стороны, являясь более хрупкими породами, чем вмещающие известняки и туфогенные породы, служили благоприятной средой для образования зон трещиноватости. С другой стороны, они были геохимическим барьером для золото- и медьсодержащих крем-

некислотных растворов, которые формировались на поздней стадии кристаллизации гранитоидных массивов. В единичных случаях отмечается свинцовая (галенитовая) минерализация в барит-кварцевых жилах свинцово-цинковой жильной формации (сай Свинцовый), образование которой, возможно, связано с регенерацией раннекембрийской свинцово-цинковой минерализации из вулканогенных пород. Кроме того, на отдельных участках (Подперевальный) наблюдается перекристаллизация полиметаллической минерализации, связанная с внедрением кембрийско-ордовикских пород таннуольского комплекса.

Полученные нами данные и анализ материалов предшествующих работ позволяют предполагать, что формирование минерализации молибден-медно-порфировой формации происходило на средне-позднекембрийской стадии. Имеющиеся данные свидетельствуют о приуроченности порфировой минерализации к небольшим массивам, преимущественно плагиогранитного и гранодиоритового составов, второй фазы таннуольского комплекса. При этом обращает на себя внимание тот факт, что в некоторых случаях проявления молибден-медно-порфировой формации встречаются на участках совмещения небольших массивов второй фазы таннуольского и более позднего арголикского комплексов. С учётом трудности визуального разделения гранитоидов этих комплексов не исключено, что оруденение порфирового типа может быть связано и с породами арголикского комплекса.

Геолого-структурное положение, геологическое строение, особенности металлогении и золотоносности Восточно-Таннуольского рудного района схожи с другими рудными районами Алтае-Саянской минерагенической провинции – Мартайгинским, Коммунарским, Мрасским, Ольховско-Чибеевским. Однако в отличие от них ВТРР менее изучен. На основании сопоставления условий золотоносности этих районов и имеющихся материалов по золотоносности ВТРР можно предполагать его высокие перспективы в отношении наличия промышленного золотого оруденения. Сейчас суммарные апробированные прогнозные ре-

сурсы золота ВТРР составляют по категории Р₂ 62,1 т, что, конечно, не отражает его золоторудный потенциал, а территория района требует дальнейшего изучения с постановкой прогнозно-минерагенических и поисковых работ.

Итак, Восточно-Таннуольский район имеет хорошо выраженную металлогеническую специализацию на Au, Cu, Pb, Zn, Ag, Fe, Mo. Анализ комплекса геологических, геофизических, геохимических и металлогенических данных предшественников и вновь полученные материалы позволили выделить однотипные золоторудные Элегест-Межегейский, Аптаринский, Шивилигский узлы и золотосодержащие колчеданно-полиметаллические Ирбитейский и Харалыгский. В пределах золоторудных узлов установлено несколько в разной степени изученных золоторудных полей – Деспенское, Овур-Онгешское, Чумуртукское и др. Кроме того, за пределами узлов выявлены прогнозируемые Улуг-Сайлыгское и Ак-Чаринское золотосодержащие молибден-медно-порфировые рудные поля.

В пределах района распространены прямые и косвенные поисковые признаки золотого и золотосодержащего оруденения четырёх типов – золото-сульфидно-кварцевого (жильного, жильно-прожилкового и в березит-лиственитовых метасоматитах), золото-скарнового, золотосодержащего колчеданно-полиметаллического и молибден-медно-порфирового.

Наибольшая концентрация признаков золотого оруденения установлена в тектонически осложнённых складчатых структурах, сложенных раннекембрийскими вулканогенно-осадочными породами, прорванными породами майнского и таннуольского комплексов. Оруденение золото-сульфидно-кварцевого типа локализуется в тектонических зонах в приконтактных и надкровельных частях интрузивных массивов. Предполагается, что формирование кварцевых жил в разной степени связано с гидротермальной деятельностью при образовании пород майнского комплекса, первой и второй фаз таннуольского и арголикского

го комплексов. К интрузивным породам приурочены преимущественно одиночные кварцевые жилы или их группы, к зонам дислокаций в вулканогенно-осадочных толщах – кварцевые штокверки и жильно-прожилковые зоны.

Одна из характерных особенностей ВТРР – наличие многочисленных участков скарнирования, связанных со становлением разновозрастных гранитоидных интрузий. К скарнам приурочены непромышленные проявления магнетитовых руд и потенциально промышленное золотое оруденение. Предполагается, что с породами первой фазы таннуольского комплекса связано формирование гранат-пироксеновых скарнов преимущественно с магнетитовой минерализацией, породами второй фазы – образование скарнов с наложенной золото-сульфидно-кварцевой минерализацией.

Формирование золотосодержащего колчеданно-полиметаллического оруденения сопровождается с вулканогенно-гидротермальной деятельностью с образованием пород серлигской и ирбитейской свит. Перекристаллизация полиметаллического оруденения и формирование на отдельных участках зон обогащения могут быть обусловлены метаморфизмом пород и внедрением гранитоидов в кембрийско-ордовикское время.

Формирование оруденения золотосодержащей молибден-медно-порфировой формации предположительно связано с породами второй фазы таннуольского комплекса и мелкими телами арголикского комплекса.

С учётом степени изученности территории ВТРР здесь рекомендуется постановка прогнозно-минерагенических и поисковых работ. Прогнозно-минерагенические работы следует проводить на золотосодержащее колчеданно-полиметаллическое оруденение в пределах Харалыгского узла и на золотосодержащее молибден-медно-порфировое – в пределах всего ВТРР. Поисковые работы – на золотосодержащее колчеданно-полиметаллическое оруденение на Подперевальном участке Ирбитейского узла, на золото – на Овур-Онгешском участке Аптаринского узла и на Чумуртукском участке Элегест-Межегейского.



Список литературы

1. Ветров Е. В., Уваров А. Н., Вишневецкая И. А., Червяковская М. В., Ветрова Н. И., Жимулев Ф. И., Андреева Е. С. Строение, возраст, геохимический и изотопно-геохимический (Sm/Nd) состав серлигской свиты кембрия Таннуольского террейна Тувы // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2020. – № 1. – С. 81–94.
2. Ветров Е. В., Черных А. И. Эволюция гранитоидного магматизма Восточно-Таннуольского района Тывы в раннем палеозое: синтез геологических, геохимических, геохронологических и металлогенических данных // Проблемы тектоники и геодинамики земной коры и мантии. Том 2. Материалы I Тектонического совещания. – 2018. – С. 388–390.
3. Ветров Е. В., Черных А. И., Бабин Г. А. Раннепалеозойский гранитоидный магматизм Восточно-Таннуольского сектора Тувинского магматического пояса: геодинамическая позиция, возраст и металлогения // Геология и геофизика. – 2019. – № 5. – С. 641–665.
4. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Алтае-Саянская. Лист М-46 – Кызыл. Объяснительная записка. – СПб. : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2008. – 349 с.
5. Монгуш А. А., Лебедев В. И., Ковач В. П., Сальникова Е. Б., Дружкова Е. К., Яковлева С. З., Плоткина Ю. В., Загорная Н. Ю., Травин А. В., Серов П. А. Тектономагматическая эволюция структурно-вещественных комплексов Таннуольской зоны Тувы в позднем венде – раннем кембрии // Геология и геофизика. – 2011. – Т. 2, № 5. – С. 649–665.
6. Попов В. А., Монгуш А. А., Аюнова О. Д. Горно-металлургическое производство в Древней Туве (предварительные итоги работ 2004 г.) // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Геоэкология природной среды и общества. – Кызыл : ТуВИКОПР СО РАН. – 2005. – Вып. 8. – С. 108–122.
7. Руднев С. Н. Раннепалеозойский гранитоидный магматизм Алтае-Саянской складчатой области и Озёрной зоны Западной Монголии / отв. ред. Г. В. Поляков. – Новосибирск : СО РАН. – 2013. – 300 с.
8. Черных А. И. Металлогения Восточно-Таннуольского рудного района Алтае-Саянской складчатой области (Республика Тыва) // Геология, геофизика и минеральное сырьё Сибири. Сборник тезисов 2-ой научно-практической конференции. – Новосибирск, 2015. – С. 202–204.
9. Черных А. И. Особенности распределения и перспективы освоения золотого оруденения Восточно-Таннуольского района, Республика Тыва // Руды и металлы. – 2014. – № 5. – С. 10–18.
10. Черных А. И., Ветров Е. В., Пихутин Е. А. Геологическое строение и металлогения западной части Восточно-Таннуольского рудного района (Республика Тыва) – на основе новых изотопно-геохронологических данных // Отечественная геология. – 2017. – № 2. – С. 4–21.
11. Черных А. И., Ширококов А. Ю., Викторов М. В., Меркулов В. В., Лакутин А. О., Шеин М. А. Геологическое строение и условия локализации золотого оруденения Деспенской площади Восточно-Таннуольского района (Республика Тыва) // Геология, геофизика и минеральное сырьё Сибири. Сборник тезисов 2-ой научно-практической конференции. – Новосибирск, 2015. – С. 204–206.
12. Chernykh A. I. Eastern Tannu-Ola ore district of the Altai-Sayan folded area (Republic Tuva, Russia): the structural features and metallogeny // Electronic publishing 35 International Geological Congress. – URL: www.35igc.org. 2016 (дата обращения: 06.07. 2021).
13. Chernykh A. I. Gold Mineralization in the Eastern Tannu-Ola ore district of the Altai-Sayan folded area (Russia) // The 14th quadrennial international association on the genesis of the ore deposits symposium. – Kunming, China, 2014. – V. 88, I. 2. – P. 679–680.

References

1. Vetrov E. V., Uvarov A. N., Vishnevskaya I. A., Chervyakovskaya M. V., Vetrova N. I., Zhimulev F. I., Andreeva E. S. Stroenie, vozrast, geokhimicheskii i izotopno-geokhimicheskii (Sm/Nd) sostav serligskoi svi-ty kembriya Tannuol'skogo terreina Tuvy [Building, age, geochemical and isotope-geochemical (Sm/Nd)

- Composition of the Serliga Sweet Cambrian Tannuol Tyva Terrene], *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri* [Geology and mineral resources of Siberia], 2020, No 1, pp. 81–94. (In Russ.).
2. Vetrov E. V., Chernykh A. I. Evolyutsiya granitoidnogo magmatizma Vostochno-Tannuol'skogo raiona Tyvy v rannem paleozoe: sintez geologicheskikh, geokhimicheskikh, geokhronologicheskikh i metallogenicheskikh dannykh [Evolution of granitoid magmatism of the East Tannuol district of Tyva in early Paleozoic: synthesis of geological, geochemical, geochronological and metallogenetic data], *Problemy tektoniki i geodinamiki zemnoi kory i mantii. Tom 2. Materialy L Tektonicheskogo soveshchaniya* [Problems of tectonics and geodynamics of the earth's crust and mantle. Volume 2. Materials 50 (L) of the tectonic meeting], 2018, pp. 388–390. (In Russ.).
 3. Vetrov E. V., Chernykh A. I., Babin G. A. Rannepaleozoiskii granitoidnyi magmatizm Vostochno-Tannuol'skogo sektora Tuvinskogo magmaticheskogo poiyasa: geodinamicheskaya pozitsiya, vozrast i metallogeniya [Early Paleozoic granitoid magmatism of the East Tannuol sector of the Tyvinian magmatic belt: geodynamic position, age and metal], *Geologiya i geofizika* [Russian Geology and Geophysics], 2019, No 5, pp. 641–665. (In Russ.).
 4. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Seriya Altae-Sayanskaya. List M-46 – Kyzyl. Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1 : 1 000 000 (third generation). A series of Altai Sayan. Sheet M-46-kyzyl. Explanatory letter], St. Petersburg, Kartograficheskaya fabrika VSEGEI Publ., 2008, 349 p.
 5. Mongush A. A., Lebedev V. I., Kovach V. P., Sal'nikova E. B., Druzhkova E. K., Yakovleva S. Z., Plotkina Yu. V., Zagornaya N. Yu., Travin A. V., Serov P. A. Tektonomagmaticheskaya evolyutsiya strukturno-vechestvennykh kompleksov Tannuol'skoi zony Tyvy v pozdnem vende – rannem kembrii [Tectonic-magmatic evolution of structural complexes of Tannuol Tyva Zone in Late Wende – Early Cambrian], *Geologiya i geofizika* [Russian Geology and Geophysics], 2011, V. 2, No 5, pp. 649–665. (In Russ.).
 6. Popov V. A., Mongush A. A., Ayunova O. D. Gorno-metallurgicheskoe proizvodstvo v Drevnei Tuve (predvaritel'nye itogi rabot 2004 g.) [Mining and metallurgical production in the ancient Tyva (preliminary results of the work of 2004)], *Sostoyanie i osvoenie prirodnikh resursov Tuvy i sopredel'nykh regionov Tsentral'noi Azii. Geoekologiya prirodnoi sredy i obshchestva* [The condition and development of the natural resources of Tyva and the adjacent regions of Central Asia. Geoecology of the natural environment and society], Kyzyl, TuvIKOPR SO RAN Publ., 2005, V. 8, pp. 108–122.
 7. Rudnev S. N. Rannepaleozoiskii granitoidnyi magmatizm Altae-Sayanskoi skladchatoi oblasti i Ozernoi zony Zapadnoi Mongolii [Early Paleozoic granitoid magmatism Altai-Sayan folded area and lake zone of Western Mongolia], Novosibirsk, SO RAN Publ., 2013, 300 p.
 8. Chernykh A. I. Metallogeniya Vostochno-Tannuol'skogo rudnogo raiona Altae-Sayanskoi skladchatoi oblasti (Respublika Tyva) [Metallogeny of the East Tannuol ore district of Altai-Sayan folded area (Republic of Tyva)], *Geologiya, geofizika i mineral'noe syr'e Sibiri. Sbornik tezisev 2-oi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Geology, Geophysics and Mineral Raw Materials of Siberia. Collection of theses of the 2nd Scientific and Practical Conference], Novosibirsk, 2015, pp. 202–204. (In Russ.).
 9. Chernykh A. I. Osobennosti raspredeleniya i perspektivy osvoeniya zolotogo orudneniya Vostochno-Tannuol'skogo raiona, Respublika Tyva [Features of distribution and prospect of development of gold ore deposit of the East Tannuola area, Tyva Republic], *Rudy i metally* [Ores and Metals], 2014, No 5, pp. 10–18. (In Russ.).
 10. Chernykh A. I., Vetrov E. V., Pikhutin E. A. Geologicheskoe stroenie i metallogeniya zapadnoi chasti Vostochno-Tannuol'skogo rudnogo raiona (Respublika Tyva) – na osnove novykh izotopno-geokhronologicheskikh dannykh [Geological structure and metal generation of the western part of the East Tannuol Ore region (Tyva Republic) – based on new isotope-geochronological data], *Otechestvennaya geologiya* [National Geology], 2017, No 2, pp. 4–21. (In Russ.).
 11. Chernykh A. I., Shirobokov A. Yu., Viktorov M. V., Merkulov V. V., Lakutin A. O., Shein M. A. Geologicheskoe stroenie i usloviya lokalizatsii zolotogo orudneniya Despenskoj ploshchadi Vostochno-Tannuol'skogo raiona (Respublika Tyva) [The geological structure and conditions of the localization of the gold mineralization of the Despan Square of the East Tannuol District (Republic of Tyva)], *Geologiya, geo-*



fizika i mineral'noe syr'e Sibiri. Sbornik tezisov 2-oi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Geology, Geophysics and Mineral Raw Materials of Siberia. Collection of theses of the 2nd Scientific and Practical Conference], Novosibirsk, 2015, pp. 204–206. (In Russ.).

12. Chernykh A. I. Eastern Tannu-Ola ore district of the Altai-Sayan folded area (Republic Tuva, Russia): the structural features and metallogeny, *Electronic pub-*

lishing 35 International Geological Congress, available at: www.35igc.org. 2016 (Accessed: 06.07.2021).

13. Chernykh A. I. Gold Mineralization in the Eastern Tannu-Ola ore district of the Altai-Sayan folded area (Russia), *The 14th quadrennial international association on the genesis of the ore deposits symposium*, Kunming, China, 2014, V. 88, I. 2, pp. 679–680.

Авторы

Черных Александр Иванович

кандидат геолого-минералогических наук
генеральный директор¹
tsnigri@tsnigri.ru

Широбоков Алексей Юрьевич

заведующий отделом²
shiro@snigims.ru

Арсентьева Ирина Викторовна

кандидат геолого-минералогических наук
старший научный сотрудник¹
arsenteva@tsnigri.ru

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Центральный научно-исследовательский
геологоразведочный институт цветных
и благородных металлов», г. Москва

² АО «Сибирский НИИ Геологии, Геофизики
и Минерального сырья», г. Новосибирск

Authors

Chernykh Alexander Ivanovich

PhD
General Director¹
tsnigri@tsnigri.ru

Shirobokov Alexey Yurievich

Head of Department²
shiro@snigims.ru

Arsentieva Irina Viktorovna

PhD
Senior researcher¹
arsenteva@tsnigri.ru

¹ FSBI Central Research Institute of Geological
Prospecting for Base and Precious Metals,
Moscow, Russia

² Siberian Research Institute of Geology,
Geophysics and Mineral Raw Materials, Novosibirsk, Russia



30.07–10.08 ЕКАТЕРИНБУРГ

Всероссийская открытая полевая олимпиада юных геологов