

## МЕТАЛЛОГЕНИЯ ЭНДОГЕННОГО ЗОЛОТА ТЫВЫ

И.В. Гаськов<sup>1</sup>, С.Г. Прудников<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,  
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия

<sup>2</sup>Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН,  
667007, Кызыл, ул. Интернациональная, 117а, Россия

Проведенный анализ показывает, что в Республике Тыва широко распространены проявления рудного золота различных формационных типов и разного возраста, связанные со сложной и длительной геологической историей этого региона. Территория Тывы является регионом полициклического развития, в котором в период с докембрия до кайнозоя проявились этапы субдукционных, аккреционно-коллизийных и рифтогенных процессов, сопровождаемые образованием различного типа вулканизма и широко проявлением гранитоидного магматизма. Развитие металлогении золота в геологической истории региона было дискретным, наиболее широко она проявилась в островодужный этап (570—510 млн лет) в связи с формированием золотоносных колчеданно-полиметаллических месторождений. Также продуктивным для золотого оруденения является позднекембрийско-ордовикский период формирования гранитоидного магматизма, с которым связано образование золото-медно-молибден-порфировых месторождений и собственно золоторудных месторождений и рудопоявлений золото-скарновых, золото-кварцевых, золото-березитовых типов. На территории Тывы выделяются несколько золоторудных узлов, приуроченных к разным структурно-формационным зонам. К настоящему времени содержания золота, представляющие промышленный интерес, выявлены в собственно золоторудном Тарданском месторождении с запасами Au 7371.8 кг и в золотосодержащих месторождениях: колчеданно-полиметаллическом Кызыл-Таштыг, запасы которого оцениваются по золоту в 15.08 т, серебра — около 700 т и медно-молибден-порфировом Ак-Суг с запасами Au категории C<sub>2</sub> — 83 т и серебра 368 т. Кроме того, в процессе поисково-ревизионных работ, проведенных в последние годы на многих золоторудных узлах, получена дополнительная информация о большом ресурсном потенциале эндогенного золота Республики Тыва. В качестве перспективных на выявление промышленных запасов эндогенного золота можно выделить Кара-Бельдырский золоторудный узел с запасами Au категории C<sub>1</sub> и C<sub>2</sub> в количестве 22.8 т, Алдан-Маадырский золоторудный узел с прогнозными ресурсами Au по категории P<sub>2</sub> — 38 т и по категории P<sub>3</sub> — 80 т, Эйлигхемский рудный узел с прогнозными ресурсами Au категории P<sub>3</sub> в 36 т, Кызык-Чадрский рудный узел с прогнозными ресурсами по месторождению Кызык-Чадр категории P<sub>1</sub>+P<sub>2</sub>: Au — 39.7 т, Ag — 198 т и Восточно-Таннуольский рудный район с ресурсами Au в 68.3 т.

Таким образом, сложная история геологического развития территории Республики Тыва, проявление разнообразных геологических событий, включая масштабные магматические процессы, привели к формированию в ее недрах как собственно золоторудных так и золотосодержащих месторождений и рудопоявлений, которые дают основание предполагать выявление крупных промышленных запасов эндогенного золота и развитие золотодобывающей промышленности в республике.

*Металлогения золота, месторождения, рудное золото, возрастное датирование, Тыва*

## METALLOGENY OF ENDOGENOUS GOLD IN TUVA

I.V. Gas'kov, S.G. Prudnikov

Analysis shows that the occurrences of ore gold of different formational types and ages widespread in the Republic of Tyva are related to the intricate and long geologic history of this region. The Tyva region is of polycyclic development; in the period from the Precambrian to the Cenozoic, there were stages of subduction, accretion–collision, and rifting processes accompanied by volcanism of different types and a wide manifestation of granitoid magmatism. Gold metallogeny was discretely developed throughout the geologic history of the region and was most widely manifested at the island arc stage (570–510 Ma), in connection with the formation of gold-bearing pyrite–polymetallic deposits. The late Cambrian–Ordovician period of granitoid magmatism was also productive for gold mineralization: It was marked by the formation of porphyry Au–Cu–Mo deposits, proper gold deposits, and gold–skarn, gold–quartz, and gold–beresite ore occurrences. Several gold-bearing clusters confined to different structure–formational zones are distinguished in the Tuva area. To date, gold contents of commercial interest have been identified in the Tardanskoe gold deposit with Au reserves of 7371.8 kg, in the gold-bearing Kyzyl-Tashtyg pyrite–polymetallic deposit with estimated Au reserves of 15.08 tons and Ag reserves of ~700 tons, and in the gold-bearing Ak-Sug porphyry Cu–Mo deposit with C<sub>2</sub> gold reserves of 83 tons and silver reserves of 368 tons. In the course of prospecting and revision performed at many gold ore clusters in

recent years, additional information about the high endogenous-gold potential of the Republic of Tyva has been obtained. There are a number of objects promising for commercial reserves of endogenous gold, such as The Kara-Bel'dir gold ore cluster with  $C_1$  and  $C_2$  gold reserves of 22.8 tons, the Aldan–Maadyr gold ore cluster with predicted  $P_2$  gold resources of 38 tons and  $P_3$  gold resources of 80 tons, the Eiligkhem ore cluster with predicted  $P_3$  gold resources of 36 tons, the Kyzyk-Chadr ore cluster with predicted  $P_1 + P_2$  gold resources of 39.7 tons and silver resources of 198 tons at the Kyzyk-Chadr deposit, and the East Tannu-Ola ore district with Au resources of 68.3 tons.

Thus, the intricate geologic development of the Tyva area and various geologic events, including large-scale magmatic processes, led to the formation of both gold and gold-bearing deposits and ore occurrences, which give reason to anticipate revealing of large commercial reserves of endogenous gold and the development of gold mining industry in the republic.

*Gold metallogeny, deposits, ore gold, age dating, Tuva*

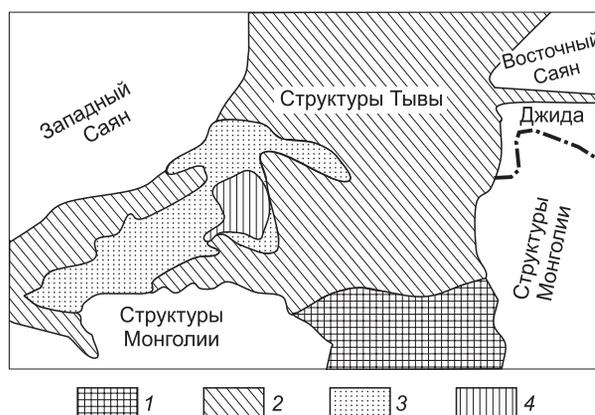
## ВВЕДЕНИЕ

Территория Тывы занимает юго-восточную часть Алтае-Саянской складчатой области, входящей в состав Центрально-Азиатского складчатого пояса. Западной границей Тывы являются структуры Западного Саяна, на севере и северо-востоке — Восточного Саяна, на востоке она граничит с Джидинской зоной, а на юге и юго-востоке ее структуры продолжают в Озерной зоне Западной Монголии (рис. 1). Геологическое строение территории Тывы, как и Алтае-Саянской складчатой области в целом, связано с геодинамической эволюцией Палеоазиатского океана [Зоненшайн и др., 1990; Берзин и др., 1994]. Поздневендско-раннекембрийские островодужные комплексы Центрально-Азиатского складчатого пояса были сформированы во время повсеместного проявления в Палеоазиатском океане процессов конвергенции в интервале 570—510 млн лет [Ярмолук и др., 2003; Kovalenko et al., 2004], а в дальнейшем деформированы горизонтальными тектоническими движениями [Шенгер и др., 1994; Добрецов и др., 2005, Добрецов, Буслов, 2007]. Длительный характер эволюции пояса обусловил широкое развитие субдукционных, аккреционных, коллизионных и постколлизионных процессов и связанных с ними разноэтапных рудных формаций.

## ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ТЫВЫ

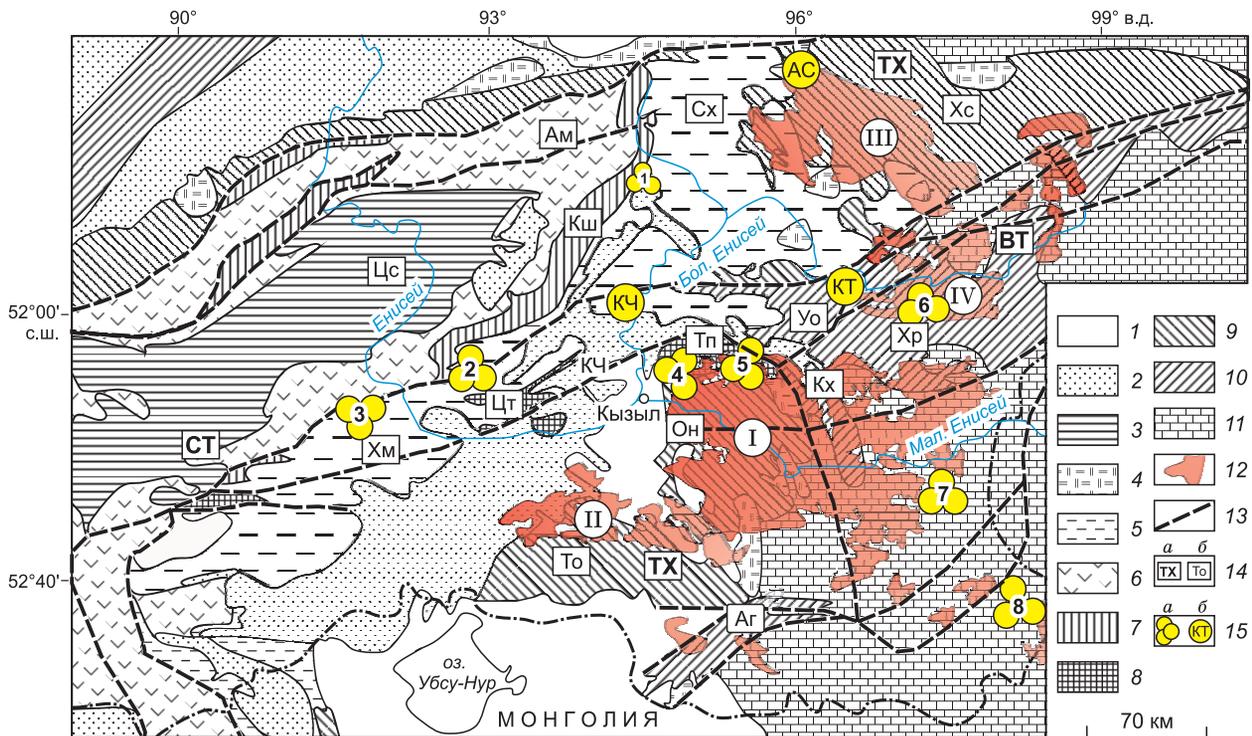
В геологическом строении территории Тывы и Алтае-Саянской складчатой области в целом широко проявлены продукты разноэтапных геодинамических процессов, связанных с эволюцией Палеоазиатского океана. Продукты разновозрастных островодужных, аккреционных, коллизионных и постколлизионных процессов часто совмещены в одних и тех же тектонических зонах, а связанное с ними оруденение образует новое латеральное распределение, что усложняет выявление связи оруденения с магматическими процессами определенных временных интервалов [Дистанов, Оболенский, 1994].

В венде—раннем кембрии на островодужной стадии (570—510 млн лет) происходило формирование многочисленных внутриокеанических островных дуг, задуговых бассейнов, океанических лавовых островов, а также проявились складчатость и метаморфизм докембрийских блоков. В конце венда—начале кембрия (520—510 млн лет), после столкновения Сангиленского блока с континентом заложилась новая система островных дуг, которые на территории Тывы представлены в составе Таннуольско-Хамсаринского террейна, выделенного Л.П. Зоненшайном с соавторами [1990]. Этот террейн протяженностью 550 км при ширине 300 км имеет северо-восточное простирание и представляет собой коллаж разновеликих субтеррейнов, являющихся фрагментами структур разной природы (рис. 2). В его пределах (с северо-запада на юго-восток) выделяются Саяно-Тувинская преддуговая зона, в том числе подзоны: Центрально-Саянская (Цс), Амыльская (Ам), Куртушибинская (Кш), Хемчикская (Хм),



**Рис. 1. Положение структур Тывы и пограничных территорий в Алтае-Саянском регионе.**

1 — зоны протерозойской (байкальской) складчатости, 2 — зоны раннекаледонской (салаирской) складчатости, 3 — зоны каледонско-герцинской складчатости, 4 — мезозойские прогибы.



**Рис. 2. Геолого-тектоническая схема Тывы с главными элементами Таннуольско-Хамсаринской островодужной системы и положением основных гранитоидных батолитов и золоторудных проявлений (составлена с использованием данных [Монгуш и др., 2011]).**

1 — наложенные мезокайнозойские осадочные ассоциации; 2 — рифтогенные вулканогенные и осадочные ассоциации (PZ<sub>2</sub>); 3 — окраинно-континентальные турбидиты (PZ<sub>1</sub>); 4 — внутриплитные вулканы (O); 5 — осадочный чехол преддугового коллизийного прогиба (E<sub>2</sub>-S); 6 — аккреционные океанические, преимущественно базальтовые (V) и турбидитовые комплексы, субдукционно метаморфизованные (PZ<sub>1</sub>); 7 — аккреционные океанические (V) и турбидитовые комплексы (PZ<sub>1</sub>), офиолиты фундамента островной дуги (V), островодужные комплексы (E<sub>1</sub>); 8 — выступы фундамента Хемчикско-Сыстыгемского преддугового прогиба (V-E<sub>1</sub>); 9, 10 — островодужные (9) и задуговые (10) комплексы (V-E<sub>1</sub>); 11 — докембрийские террейны; 12 — ореолы развития гранитоидных батолитов: I — Каахемский, II — Восточно-Таннуольский, III — Хамсаринский, IV — Бийхемский; 13 — главные постаккреционные разломы; 14 — структурные зоны (a) и подзоны (б) Таннуольско-Хамсаринской островодужной системы: СТ — Саяно-Тувинская преддуговая зона, в том числе подзоны: Цс — Центрально-Саянская, Ам — Амыльская, Кш — Куртушибинская, Хм — Хемчикская, Цт — Центрально-Тувинская, Тп — Тапсинская, Сх — Сыстыгемская; ТХ — Таннуольско-Хамсаринская островодужная зона, в том числе подзоны: То — Таннуольская, Он — Ондумская, Хс — Хамсаринская; ВТ — Восточно-Тувинская задуговая зона, в том числе подзоны: Аг — Агардагская, Кх — Каахемская, Хр — Харальская, Уо — Улугойская; 15 — золоторудные узлы (a): Амыло-Сыстыгемский (1); Эйлигемский (2); Алдан-Маадырский (3); Ондумский (4); Тарданский (5); Харальский (6); Кара-Бельдырский (7); Эмийский (8) и золотосодержащие месторождения (б): Кызыл-Таштыгское (КТ) медно-колчеданно-полиметаллическое; Ак-Сугское (АС) и Кызык-Чадское (КЧ) золото-медно-молибден-порфировые.

Центрально-Тувинская (Цт), Тапсинская (Тп), Сыстыгемская (Сх); далее Таннуольско-Хамсаринская островодужная зона с подзонами: Таннуольская (То), Ондумская (Он), Хамсаринская (Хс) и завершает Восточно-Тувинская задуговая зона с подзонами: Агардагская (Аг), Каахемская (Кх), Харальская (Хр), Улугойская (Уо) и сегментами Тувино-Монгольского массива — Сангиленский и Ока-Шишидский [Монгуш и др., 2011]. Все эти фрагменты сильно деформированы, претерпели горизонтальные смещения относительно друг друга и переориентированы в пространстве. Поэтому закономерности строения и развития этой системы недостаточно расшифрованы [Берзин, Кунгурцев, 1996]. Островодужные сегменты — Таннуольский и Хамсаринский, разделенные Каахемской аккреционной зоной, имеют различный состав разреза. В основании Таннуольского разреза выделяется толща базальтов и их туфов, ассоциирующая с пестроцветными алевролитами, песчаниками и маломощными прослоями известняков и кислых эффузивов, а в Хамсаринском сегменте вулканизм вначале носил контрастный характер, а во второй половине раннего кембрия сменился андезитовым с обилием пирокластики и осадочных отложений и закончился в раннем кембрии (анахемский и туматтайгинский вулканические комплексы). С ним связаны золотосодержащие колчеданно-полиметаллические месторождения Кызыл-Таштыгского рудного узла. Во второй половине нижнего кембрия островодужные образования Таннуольской, Ондум-

ской и Хамсаринской зон, задуговые образования Каахемской и Улугуйской зон и океанические образования Агардагской зоны несогласно были перекрыты вулканогенно-терригенно-карбонатной толщей, выделенной в ирбитейскую свиту и ее формационные аналоги — ильчирскую, хамсаринскую, тапсинскую, сыынакскую свиты [Бухаров, Зайков, 1979; Винкман и др., 1980]. В период 510—450 млн лет на территории Тывы, как и всей Алтае-Саянской складчатой области, произошли интенсивные аккреционные и коллизионные процессы, приведшие к сочленению островных дуг, задуговых бассейнов, океанических островов и микроконтинентов, а также к складкообразованию, метаморфизму и широкомащтабному гранитообразованию [Шокальский и др., 2000; Ярмолюк и др., 2003; Руднев, 2013]. В среднепалеозойско-раннемезозойский период Таннуольско-Хамсаринский блок под воздействием погружающегося блока мантии испытал высокую тектономагматическую активность, которая в большей степени проявилась в основных тектонических зонах, сформированных в предыдущий этап развития [Лебедев, 2018]. В раннем девоне столкновение Сибирского кратона и каледонского суперконтинента вдоль трансформной границы привело к образованию серии расколов-сдвигов. В результате возникли Центрально-Тувинский прогиб и Дерзиско-Сайлыгский грабен, а также более мелкие — Хемчикский, Хонделенский, Кызылтайгинский и другие штамповые структуры, формирование которых сопровождалось бимодальным вулканизмом. Мезозойский период характеризовался внутриплитной тектономагматической активизацией с образованием Центрально-Тувинского карбонатит-редкоземельного пояса, в контурах которого значительным распространением пользуются интрузивы габбро-граносиенитов и монзонитоидов (115—120 млн лет) с наложенным флюорит-барит-редкоземельным оруденением. В кайнозойе на этой территории проявился внутриконтинентальный рассеянный вулканизм (28—15 млн лет), а также установлено развитие Восточно-Тувинского лавового нагорья и гигантских лавовых рек (2.100—0.004 млн лет).

На территории Тывы широкое развитие имеет гранитоидный магматизм, который характеризуется длительным периодом формирования и представлен обширным Восточно-Тувинским гранитоидным поясом (см. рис. 2). Гранитоидный магматизм проявился в возрастном диапазоне от позднего венда до позднего ордовика включительно, охватывая островодужный (570—510 млн лет) и коллизионный (510—450 млн лет) этапы развития региона [Руднев, 2013]. При этом гранитоидные ассоциации (комплексы) венд-раннекембрийского и позднекембрийско-ордовикского этапов формирования, как правило, тесно сопряжены друг с другом в пространстве и представлены на современном эрозионном срезе в виде крупных полихронных батолитов — Каахемского, Восточно-Таннуольского и Хамсаринского. Во всех гранитоидных батолитах выделяются островодужный и аккреционно-коллизионный этапы. Последний по масштабам проявления раннепалеозойского интрузивного магматизма является одним из самых мощных. Среди всего разнообразия гранитоидов наиболее широкое развитие получили породы известково-щелочной серии, которые проявились на всех возрастных уровнях.

Как видно из сказанного, на многих этапах геологического развития территории Тывы проявились различные вулканоплутонические комплексы, связанные с развитием разных геодинамических режимов (спрединг, субдукция, аккреция, коллизия), с которыми часто ассоциируют разные типы оруденения, в том числе и с благороднометалльной специализацией.

## ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И ХРОНОЛОГИЯ ПРОЯВЛЕНИЙ ЭНДОГЕННОГО ЗОЛОТА

Золото играет существенную роль в ресурсном потенциале Тывы и представлено как собственно золоторудными объектами, так и золотосодержащими месторождениями [Лебедев, 2018]. Балансовые и забалансовые запасы коренного золота Тывы, согласно Государственному балансу по данным на 01.01.2020, составляют около 183 т.

Главными формационными типами собственно золоторудных образований являются золото-скарновая, золото-кварцевая, золото-кварцево-сульфидная, золото-сульфидно-углеродистая, золото-березитовая и золото-лиственитовая, которые еще в 1981 г. в монографии «Рудные формации Тывы» выделили В.В. Зайков с соавторами [1981]. Золотоносность в Тыве выявлена в разных геолого-тектонических структурах и связана с различными процессами геологической истории развития региона (см. рис. 2).

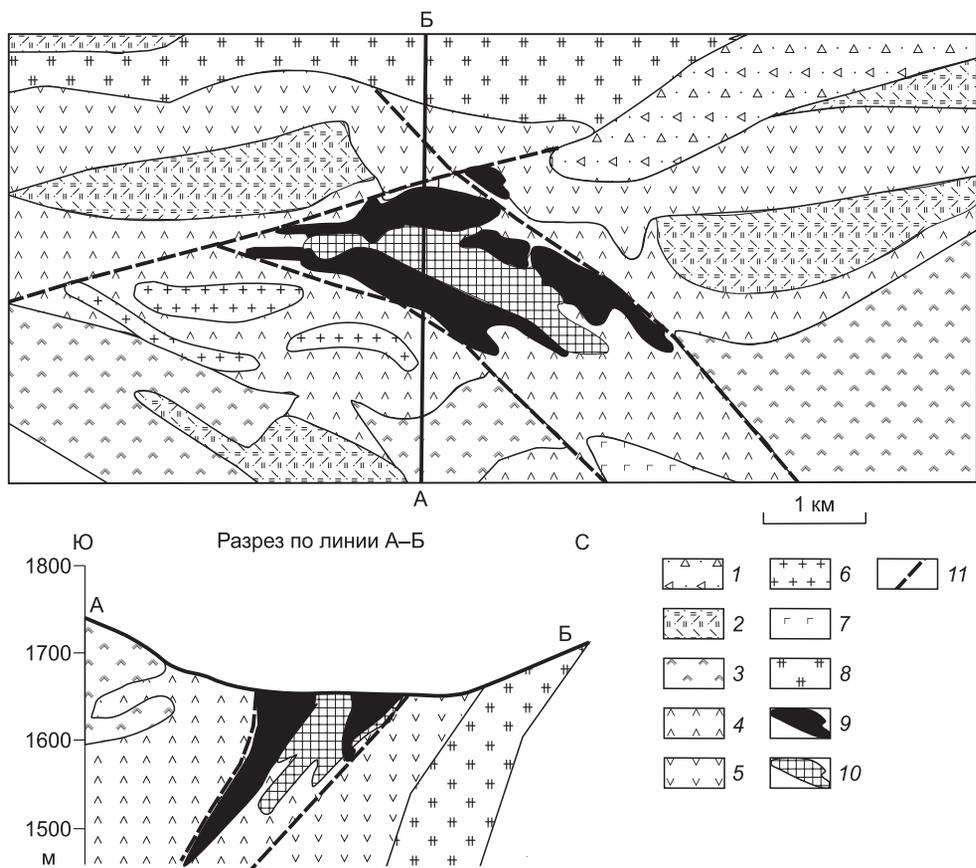
Наиболее древние образования золота, по данным В.В. Зайкова [1976], выявлены в Харальском выступе байкалит, расположенном на северо-востоке Тывы. Здесь выявлены небольшие золоторудные проявления, выделенные в **Ойна-Харальский золоторудный узел**. В геологическом строении этого узла выделяются рифейские стратифицированные вулканогенно-осадочные образования харальской свиты (RF<sub>3</sub>(?)hr), которые на востоке ограничены Бийхемским плутоном таннуольского интрузивного комплекса (γδЄ<sub>2-3</sub>t) габбро-гранодиорит-плагιοгранитной формации и прорваны субвулканическими дайками и малыми интрузиями диабазов и диабазовых порфиритов раннего девона. Эндеогенное золотое и золото-серебряное оруденения локализуются в кварцевых жилах, сульфидизированных метасоматических кварцитах и кварц-полевошпатовых метасоматитах, в толще графитистых сланцев и относятся к

золото-кварцевой, золото-сульфидно-углеродистой и золото-сульфидной формациям [Прудников, Бутанаев, 2013]. Наиболее высокими содержаниями золота (до 10 г/т) характеризуются метасоматические кварциты в Мозгалевском рудопроявлении. Оно приурочено к зоне осветленных окремненных и лимонитизированных пород на контакте вулканогенных и терригенных отложений. Протяженность зоны около 1000 м при мощности до 80 м, содержание золота от сотых долей до первых г/т. На этом фоне выделена линза протяженностью 80 м, мощностью до 5 м со средним содержанием золота 3.3 г/т и содержанием серебра до 40—80 г/т (Чучко, 1990). Более низким, но устойчивым средним содержанием золота характеризуется золото-сульфидно-углеродистая формация прожилково-вкрапленных руд в углеродистых сланцах. Проявления этой формации связаны с сульфидизированными и окварцованными графитистыми сланцами, основным носителем золота в которых является пирит. Содержание золота в углеродистых сланцах изменяется от 74 до 92 мг/т, серебра — от 0.11 до 1.90 г/т. Золото сланцев пылевидное, высокопробное (910 ‰) и ртутистое [Лебедев и др., 2002]. Проявления золото-сульфидной формации приурочены к участкам дробления, рассланцевания и гидротермальной проработки вулканогенно-осадочных образований рифея и представлены зонами сульфидной минерализации, ассоциирующими часто с проявлениями золото-кварцевой формации. Золотоносность пиритизированных пород составляет 0.006—0.200 г/т, изредка до 2 г/т. Золотоносность жильных образований невысокая. Они представлены кварцевыми, кварц-карбонатными и карбонатными жилами, широко распространенными в районе. Кварцевые жилы встречаются в терригенных, вулканогенных и в гидротермально-метасоматических породах, в зонах дизъюнктивных нарушений и в экзоконтактах штокообразных тел гранитоидов таннуольского комплекса и связанных с ними тел диоритов. Рудная минерализация жил представлена пиритом, халькопиритом, галенитом. Содержание золота от 0.002 до 16 г/т, при средних содержаниях 0.3—0.5 г/т. Карбонатные и кварц-карбонатные жилы мощностью до 30 см приурочены к метапорфиритам и метатуфам харальского комплекса. Рудные минералы в них представлены пиритом, реже — арсениопиритом, халькопиритом. Содержание золота не более 1г/т.

Более высокие промышленные содержания золота связаны с колчеданно-полиметаллическими месторождениями, сформировавшимися в нижнекембрийское время в улугойской островодужной (задуговой) зоне. Они образуют **Кызыл-Таштыгский рудный узел**, где Кызыл-Таштыгское месторождение является главным рудным объектом, в котором сосредоточены основные запасы колчеданно-полиметаллических руд (рис. 3). Месторождение локализуется в нижнекембрийских терригенно-вулканогенных отложениях туматтайгинской и тапсинской свит с широким развитием субвулканических тел разного состава. Протяженность рудных выходов на поверхности составляет 650 м при ширине 60—65 м. Запасы балансовой руды 12.920 млн т при средних содержаниях Pb 2.8 %, Zn 10.3 %, Cu 0.65 %, Au 1.03 г/т, Ag 48.71 г/т. Руды характеризуются простым минеральным составом, представленным пиритом, халькопиритом, сфалеритом, галенитом и баритом. В качестве второстепенных отмечаются энаргит, гессит, сильванит, прустит, самородное серебро [Гаськов, 2020]. По преобладанию рудного минерала или группы минералов выделяются серно-колчеданные (пиритовые), медно-цинковые (пирит-халькопирит-сфалеритовые), полиметаллические (сфалерит-галенитовые) и барит-полиметаллические (барит-сфалерит-галенитовые) разновидности. Главным промышленным типом являются медно-цинковые руды. В рудах месторождения установлены промышленные содержания золота и серебра. Запасы золота оцениваются в 15.08 т, а серебра около 700 т. Содержания золота и серебра в рудах месторождения чрезвычайно неравномерны в разных типах руд. Средние величины содержаний Au и Ag, по данным групповых проб Тувинской экспедиции, составляют соответственно: в серно-колчеданных рудах 0.02 и 4.00 г/т; медно-цинковых 0.8 и 26.0 г/т и наиболее высокие их содержания установлены в полиметаллических (барит-галенит-сфалеритовых) рудах — 2.3 и 78.0 г/т. По составу самородное золото характеризуется в основном невысокой пробностью, где содержания собственно Au колеблются в пределах 51.24—61.62 %, а остальные 36.25—45.71 % составляет Ag.

На других колчеданных проявлениях этого узла (месторождение Дальнее и рудопроявления Участок Перевальный, Южное), близких по геологической обстановке Кызыл-Таштыгскому месторождению, промышленных концентраций золота не установлено.

Эндогенная золотоносность также установлена в Ондумской островодужной зоне, сложенной преимущественно раннекембрийскими вулканитами риолит-дацитовый формации с сопутствующими андезитами. В блоке осадочно-вулканогенных пород туматтайгинской и тапсинской свит, развитых между Каахемским глубинным разломом и Каахемским гранитоидным батолитом, выявлены многочисленные золотые проявления, выделенные в **Ондумский золоторудный узел** (см. рис. 2). Золоторудная минерализация здесь представлена золотосодержащими колчеданно-полиметаллическими проявлениями, а также собственно золоторудными образованиями золото-кварц-сульфидного и золото-скарнового типов [Зайков и др., 1981]. Золотоносные колчеданно-полиметаллические проявления в Ондумской островодужной зоне связаны с жерловыми и околожерловыми фациями вулканитов ондумской свиты (Є<sub>1on</sub>). Они представлены в основном проявлениями золото-медно-цинкового типа — рудопроявления

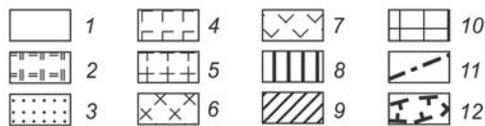
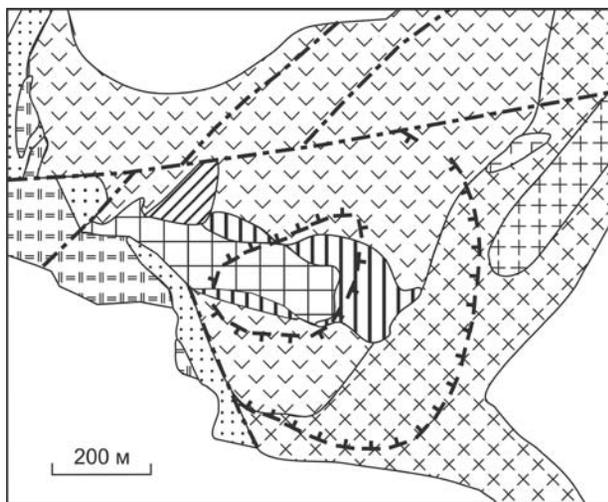


**Рис. 3. Схематическая геологическая карта и разрез Кызыл-Таштыгского месторождения (составлены с использованием фондовых материалов Тувинской ГРЭ).**

1 — пески, галечники, конгломераты (Q); 2 — тапсинская свита ( $C_1tp$ ): кислые и основные лавы и туфы, песчаники, алевролиты и известняки; 3—6 — туматтайгинская свита ( $C_1tm$ ): 3 — андезит-базальтовые и базальтовые порфириды с прослоями углисто-кремнистых алевролитов (верхняя пачка); 4 — чередование дацитовых порфиров, базальтовых и андезитобазальтовых порфиров с туфогенными образованиями основного и кислого состава, туффитами, углисто-кремнистыми и углисто-кремнисто-карбонатными сланцами (средняя рудовмещающая пачка); 5 — лавы и лавобрекчии андезитобазальтов часто с шаровой отдельностью (нижняя пачка); 6 — субвулканические тела риолитовых и риолит-дацитовых порфиров; 7 — субвулканические тела диабазовых порфиров; 8 — гидротермально-метасоматические породы кварц-серицитового, кварц-хлорит-серицитового состава, кварциты; 9, 10 — руды: 9 — полиметаллические, 10 — серно-колчеданные; 11 — тектонические разломы.

Медное, Ильчир-II, Акхемское. Участок рудопоявления Медное сложен вулканогенными брекчиями фельзитов, фельзит-порфиров, туфами кислого состава с горизонтами, линзами яшмоидов, углеродисто-кремнистых сланцев и гидротермально измененных пород. Содержание меди в рудах изменяется от десятых долей до 2.78 %. Наряду с медью установлен цинк в концентрациях до 2.25 %, свинец до 0.05 %, барий до 0.3 % и серебро до 0.01 %. Золото имеет невысокие содержания до 2 г/т и характеризуется чрезвычайно неравномерным распределением. Акхемское рудопоявление, расположенное в 7 км восточнее, приурочено к антиклинальному выступу вулканитов ондумской свиты среди известняков ильчирской свиты ( $C_1il$ ) и характеризуется ореолами Zn, Pb, Cu и Ba. Здесь также выявлены небольшие гематит-баритовые залежи с золото-барит-серебряной минерализацией. Средние содержания в залежи: оксида бария 17.12 %, серебра — 92 г/т, золота — 0.4 г/т. Запасы барита до глубины 200 м составляют 500—520 тыс. т, серебра — 190—200 т, золота — 1.1 т.

В отличие от золотоносных колчеданно-полиметаллических проявлений, собственно золоторудные образования Ондумского золоторудного узла связаны с гранитоидными интрузиями таннуольского комплекса кембро-ордовикского возраста. В скарных зонах на контакте этих гранитоидов и линз рифогенных известняков ондумской свиты мощностью до 200 м и протяженностью до 2 км развиты золото-скарновые проявления, а в тектонических зонах этих гранитоидов установлены золото-кварц-сульфидные образования. Среди золото-скарновых типов оруденения наиболее крупным является Магнетитовое рудопоявление, особенности геологического строения и золотоносности которого сход-



**Рис. 4.** Схематическая карта геологического строения Ак-Сугского золотосодержащего медно-молибден-порфирового месторождения, по [Добрянский и др., 1992].

1 — четвертичные отложения; 2, 3 — девонские отложения: 2 — риолит-дацитовые и риолитовые порфиры; 3 — песчаники и конгломераты; породы аксугской серии (4—10): 4 — габбро; 5 — диориты; 6 — пироксен-амфиболовые и амфиболовые кварцевые диориты; 7 — тоналиты однородные; 8 — порфиновые тоналиты; 9 — кварц-плагиоклазовые порфиры I; 10 — кварц-плагиоклазовые порфиры II; 11 — разломы; 12 — контур рудного штокверка.

вторичными минералами меди (азурит, малахит) и железа (лимонит, гетит).

Золото-кварц-сульфидные образования пространственно ассоциируют с калишпатизированными плагиогранитами и дайками мелкозернистых калиевых гранитов. Наиболее значимыми из них являются Теректыгское и Баянкольское рудопоявления, представленные развитием кварцевых жил (180 жил) и участками прокварцевания. В жилах содержится от 1 до 10 % сульфидов, среди которых преобладают пирит и халькопирит. В небольшом количестве отмечаются блеклая руда, сфалерит, галенит и золото. Содержание золота обычно составляет десятые доли г/т, редко до первых г/т, и образует оно очень мелкие выделения (до 0.2 мм).

С гранитоидными интрузиями также связаны золотоносные медно-молибден-порфировые месторождения. С островодужными гранитоидами ассоциирует Ак-Сугское золото-медно-молибден-порфировое месторождение, расположенное в Северо-Восточной Тыве, в **Аксугском рудном районе**. Участок месторождения площадью 3.5×2.5 км сложен в основном магматическими породами аксугской серии (рис. 4). Золото-медно-молибденовое оруденение месторождения тесно связано со штокообразным телом порфировых пород [Добрянский и др., 1992; Берзина и др., 2019]. Возраст рудоносных интрузий установлен по трем Re-Os датировкам молибденита руд месторождения Ак-Суг, составляющим  $511 \pm 2$ ;  $516 \pm 2$  и  $518 \pm 2$  млн лет [Berzina et al., 2003], а также по U-Pb датировкам (509—515 млн лет), полученным А.Н. Берзиной с соавторами [2019] по цирконам рудоносных тоналит-порфиров. Рудная минерализация распространена как в самих порфирах, так и во вмещающих их гранитодах и локализуется среди кварц-серицитовых, кварц-серицит-хлоритовых метасоматитов и аргиллизированных пород, образуя рудный штокверк. В рудах месторождения насчитывается около 50 минералов, однако значимое распространение из них имеют следующие: халькопирит → пирит → энаргит → сфалерит → галенит → борнит → теннантит → молибденит → самородная медь → халькозин → гематит → магнетит → золото самородное → серебро самородное. Средние концентрации главных рудных компонентов (Cu, Mo) по основным рудным зонам — Северной и Западной составляют соответственно по меди (1.09 и 0.74 %) и по молибдену (0.02 и 0.012 %), а содержания золота и серебра по Северной зоне равны соответственно 0.19 и 2.05 г/т, а по Западной 0.22 и 1.14 г/т. Золото и серебро имеют тонкодисперсное распределение и связаны в основном с медными минералами, что определяет более высокие их содержания в медном концентрате (5.45 и 26 г/т) по сравнению с медно-молибденовым (2.74 и 19.6 г/т) и пиритовым (0.18 и 1.7 г/т). Балансовые запасы этих металлов на месторождении составляют по золоту кат. С<sub>2</sub> — 83 т и серебру 368 т, а забалансовые по золоту оцениваются в 40.7 т, серебра — 1700 т. Запасы меди превышают 6 млн т, молибдена — 24 тыс. т.

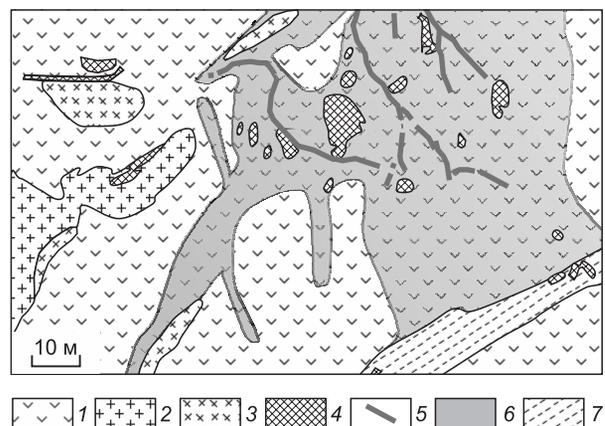
Также установлен кембрийский возраст рудоносных гранитов и кварцевых порфиров, вмещающих месторождение Кызык-Чадр, который, по данным U-Pb метода по цирконам (SHRIMP II), равен соответственно  $508 \pm 7$  и  $507 \pm 2$  [Гусев и др., 2014]. Кызык-Чадрское месторождение входит в состав **Кызыкчадрского рудного узла**, объединяющего также мелкие проявления молибден-меднопорфирового типа — Тараскырское, Ласковое, Чернореченское [Бурдин и др., 2009; Государственная..., 2019]. Рудный узел расположен в пределах палеозойского Тувинского прогиба. В южной части Ожинского

плутона гранитоидов размещается Кызыкчадрский интрузивный массив, который вмещает одноименное месторождение. В центре площади месторождения развито тело гранит-порфиров с неправильно извилистыми очертаниями, вытянутого в северо-западном направлении на 2.5 км при ширине 50—500 м согласно с простираемостью зоны дробления и расланцевания мощностью до 10—20 м. Граниты и гранит-порфиры прорваны маломощными (до 1—2 м) дайками кварцевых гранит-порфиров северо-западного направления. Порфиры и вмещающие их граниты на значительной площади интенсивно гидротермально изменены и превращены в кварц-серицитовые и серицит-кварцевые метасоматиты (березиты). Рудное тело по контуру соответствует телу гранит-порфиров с размерами (0.05—0.50)×2.5 км и представлено апопорфировыми кварц-серицитовыми и серицит-кварцевыми метасоматитами с молибден-медной минерализацией. При удалении от основного тела порфиров степень гидротермального изменения гранитов уменьшается. Метасоматиты пиритизированы с кварцевыми, реже кварц-карбонатными ветвящимися прожилками, которые часто образуют зоны прокварцевания мощностью 2.5—20.0 м. Прожилково-вкрапленная минерализация представлена халькопиритом, молибденитом, пиритом, борнитом, энаргитом с подчиненными галенитом, сфалеритом и редко с самородным золотом. Руды характеризуются выдержанными, но невысокими содержаниями полезных компонентов: меди — 0.1—0.5 %, молибдена — 0.005—0.030 %. В половине проб присутствует золото в тысячных и сотых долях г/т, редко — десятых долей г/т, а в единичных случаях до 1.2—1.8 г/т. Золото имеет большие вариации состава и характеризуется широким изменением пробности от 970 до 380 ‰. В качестве основных примесей в золоте отмечаются серебро (до 53 %) и ртуть (до 20 %). В ходе поисковых работ АО «Сибирское ПГО» в 2017—2019 гг. оценено суммарное количество апробированных прогнозных ресурсов категории  $P_1+P_2$  Кызыкчадрской рудной зоны: руда — 256 379 тыс. т; медь — 870.0 тыс. т (ср. сод. 0.339 %), молибден — 37.5 тыс. т. (ср. сод. 0.015 %), золото — 39 684 кг (ср. сод. 0.156 г/т), серебро — 198 т (ср. сод. 0.77 г/т) (Бабкин и др., 2019).

На северо-восточном фланге Куртушибинской подзоны, являющейся частью Саяно-Тувинской преддуговой системы, выделен **Амыло-Систигхемский золоторудный узел**. Он входит в состав Хемчикско-Куртушибинской золотоносной зоны, протягивающейся на 270 км в юго-западном направлении и включающей Амыло-Систигхемский, Эйлигхемский, Алдан-Маадырский рудные узлы (см. рис. 2). Амыло-Систигхемский золоторудный узел сложен в основном вулканогенно-осадочными и осадочными отложениями венда-нижнего кембрия, флишоидными отложениями верхнего кембрия и ордовика, силурийскими и нижнедевонскими молассовыми и наземно-вулканогенными образованиями (Попов и др., 1999). Интрузивные породы представлены нижнекембрийскими габбро-плагиогранитами изинзюльского комплекса, гипербазитами венд-нижнекембрийского актоврацкого комплекса, нижнепалеозойскими габбро-диоритами булкинского комплекса и девонскими гранитоидами. Золотое оруденение района образует золоторудные сульфидно-кварцевые зоны кварцево-жильного и прожилково-штокверкового морфологического типа, ассоциирующими с телами метасоматитов лиственит-березитового ряда. Наиболее значимым в этом районе является Октябрьское месторождение (рис. 5), расположенное на водоразделе рек Малый Алгияк и Большой Билелиг и приуроченное к тектонической зоне северо-восточного простираения, разграничивающей метабазальты макаровской ( $V_1^{mk}$ ) и кварц-альбит-серицитовые и углеродистые сланцы орешковской ( $E_1^{or}$ ) свит. Большая часть месторождения сложена тектонизированными, гидротермально измененными метабазальтами макаровской толщи, прорванными мелкими телами микрогаббро, габбро-диоритов, гранит-порфиров субвулканической фации макаровско-орешковского вулканического комплекса ( $v-\gamma V_1^{mk-or}$ ) (Попов и др., 1999). На месторождении выделяются два морфологических типа золотых руд сульфидно-кварцевого состава: кварцево-жильный и прожилково-штокверковый. Кварцевые жилы сосредоточены в основном на центральном участке мес-

**Рис. 5. Схематическая карта геологического строения Октябрьского золото-кварцевого месторождения (составлена с использованием (Добрянский, 2002 г.)).**

1 — вулканогенно-терригенные отложения макаровской свиты, 2 — субвулканические тела гранитоидов, 3 — диориты, габбро-диориты изинзюльского комплекса, 4 — зоны окварцевания с бедной пиритовой и арсенопиритовой минерализацией, 5 — кварцевые жилы с единичными вкраплениями пирита и арсенопирита, 6 — развитие площадного гидротермально-метасоматического изменения пород — лиственитизации и березитизации, 7 — зоны дробления.



торождения площадью около 0.15 км<sup>2</sup> имеют извилистую форму и невыдержанную мощность, достигающую в раздувах 6—7 м. Длина отдельных жил составляет 280—360 м. Они, как правило, сопровождаются гидротермальным изменением вмещающих пород, а в ряде случаев переходят в зоны штокверкового окварцевания в березитах и лиственитах. Средние содержания золота в жилах колеблются от 0.4 до 17.6 г/т, содержание серебра — 2.8—20.0 г/т. В целом ресурсы золота на Октябрьском месторождении до глубины 300 м оценивались в 36.6 т, в том числе прогнозные ресурсы жильной составляющей оруденения — в 2.3 т и прожилково-вкрапленной — 34.3 т (Чучко, 1990). Результаты поисково-оценочных работ старательской артели «Ойна» (Добрянский, 2002) показывают прогнозные ресурсы до глубины 100—160 м кат. P<sub>1</sub> по пяти кварцевым жилам — 2926 кг и по пяти кварцево-жильным зонам — 3796 кг. В 2011—2013 гг. бурением колонковых скважин по сети 20×40 м выделены две рудные зоны протяженностью 250 и 180 м, мощностью 60—80 м и глубиной распространения 55—60 м, со средним содержанием золота в рудной зоне 0.6—1.1 г/т и ресурсами золота по категориям: P<sub>1</sub> в количестве 1006.5 кг, P<sub>2</sub> — 152.1 кг (Тюкпиеков, 2014).

В целом Амыло-Систигхемский золоторудный узел перспективен также на выявление промышленных объектов в локальных корах выветривания, образовавшихся по тектонизированным, часто милонитизированным породам в зонах меланжа и крупных разломов с содержаниями золота 2—4 г/т. Его прогнозные ресурсы (P<sub>3</sub>) оцениваются в 10 т металла (Попов и др., 1999).

На юго-западном фланге Хемчикско-Куртушибинской зоны выявлены золоторудные объекты золото-кварцевой формации, которые выделены в **Эйлигхемский золоторудный узел**. Как правило, это короткие маломощные ветвящиеся жилы и жильно-прожилковые зоны с пиритом, халькопиритом, золотом, иногда с арсенопиритом, залегающие в пиритизированных сланцах вне связи с интрузией (Эйлигхемское и Таловское рудопроявление), либо вблизи контакта с вендскими серпентинитами актовракского комплекса (Поканачское), либо непосредственно в нижнесилурийских диоритах большепорожского комплекса (Андреевское). В геологическом строении площади узла принимают участие отложения двух структурных этажей. Нижний представлен терригенными образованиями аласугской серии среднего-верхнего кембрия. Породы верхнего этажа несогласно залегают на отложениях нижнего и представлены флишоидными отложениями аянгатинской свиты среднего ордовика и адырташской свиты верхнего ордовика. Интрузивные породы в пределах рудного узла контролируются зоной Хемчикско-Куртушибинского глубинного разлома и представлены телом серпентинитов длиной 1400 м при ширине 50—100 м актовракского комплекса (σ<sub>5</sub> V(?) в юго-западной части площади и массивом габбро-диоритов большепорожского комплекса (vδS<sub>1</sub>b) площадью около 2 км<sup>2</sup>, расположенном на северо-западе. Золотое оруденение сосредоточено вблизи границы структурных этажей и локализовано в низах ордовика (аянгатинская свита) или в подстилающей ее аласугской свите кембрия.

Вышеуказанные золоторудные проявления Эйлигхемское, Андреевское, Таловское и Поканачское рассматриваются как типичные золото-кварцево-жильные. В 2009—2012 гг. на этих проявлениях ОАО «Красноярскгеолсъемка» [Кононенко, 2011] проведены ревизионно-оценочные работы, которые показали их связь с золоторудными зонами субширотного простирания и определили их прогнозные ресурсы.

Эйлигхемское проявление приурочено к тектонически ослабленной ядерной части антиклинальной структуры в отложениях аянгатинской свиты среднего ордовика и представлено семью кулисообразно залегающими кварцевыми жилами мощностью 0.2—3.0 м и протяженностью до 280 м. Вмещающие песчаники интенсивно рассланцованы и обохрены, содержат тонкое кварцевое прожилкование и рассеянную вкрапленность сульфидов в количестве до 1—2 % объема породы. Рудная минерализация в жилах представлена пиритом, минералами медной группы (халькопиритом, борнитом, блеклой рудой), галенитом, золотом. Максимальные содержания золота и серебра по результатам анализов отдельных штучных проб в жилах достигают 500 г/т золота (жила Золотая) и 19.4 г/т серебра (жила Южная II). За срок их эксплуатации с 1930 по 1936 г. добыто 214 кг золота.

Поканачское проявление приурочено к зоне тектонического меланжа субширотного простирания и характеризуется развитием кварцевых жил и линейного кварцево-жильного штокверка. Кварцевые жилы встречаются сериями: на Западном участке — 7, на Центральном — 3 и на Восточном — 4, мощность кварцевых жил от 0.4 до 3.0 м, протяженность от 16 до 200 м. Околожильные изменения вмещающих пород представлены каолинизацией, серицитизацией, окварцеванием, пиритизацией и карбонатизацией, и их мощность не превышает первых метров. Рудная минерализация в жилах образует неравномерную бедную (1—2 %) вкрапленность пирита, халькопирита, блеклой руды, борнита, иногда с галенитом и сфалеритом. Среднее содержание золота в жилах составляет около 2.0 г/т.

Таловское проявление находится на правом берегу р. Хактыг-Адыр (Толока) в 1.4 км выше устья и разведано единичными канавами и шурфами. Установлены пять жил широтного и северо-восточного простирания с суммарной длиной 280 м и средней мощностью 1.5—2.0 м, залегающих среди песчаников и сланцев аласугской свиты. Повышенные содержания золота приурочены к участкам, обогащен-

ным сульфидами — пиритом, халькопиритом, пирротинном. Содержания золота по единичным пробам из кварцевых жил достигало 17 г/т, серебра 14–24 г/т. Общие прогнозные ресурсы золота категории  $P_3$  оценены в 36 т.

Также на западе Республики Тыва в западном борту Тувинского рифтогенного прогиба выявлены золоторудные рудопроявления в лиственитах и березитах, развитых по песчаникам, алевролитам и конгломератам нижнекембрийских отложений. Все эти проявления выделены в **Алдан-Маадырский золоторудный узел**, развитый в виде субширотной полосы протяженностью 45 км и шириной 5–7 км в зоне влияния Хемчикско-Куртушибинского глубинного разлома. Золоторудные объекты в пределах золоторудного узла образуют несколько узких линейных рудоносных зон березитизации и лиственитизации и представлены золото-кварцевой малосульфидной формацией [Кужугет, Монгуш, 2013]. Поисковые работы на рудное золото проведены в Алдан-Маадырском узле в 2017–2019 гг. АО «Сибирское ПГО» [Кононенко и др., 2019], подтвердили и выявили целый ряд перспективных рудопроявлений кварцевой малосульфидной формации — Арысканское, Улуг-Саирское, Хаак-Саирское, а также проявления золото-березитовой формации — Душканыгское, Ак-Дагское, Тожектыгхемское и Чедыханское.

Арысканское рудопроявление золота расположено в северо-восточной части узла и приурочено к северному крылу Улуг-Саирской антиклинали. Золотоносными являются березитизированные песчаники и алевролиты адырташской и чергакской свит (четыре зоны) и березитизированные дайки риолит-порфиоров (одна зона). Зоны березитизации имеют сложное ветвящееся строение протяженностью до 3.5 км, не выдержанные по мощности (от 1 до 5 м). Содержание золота в них, по данным пробирного анализа, колеблется от следов до 31.6 г/т, составляя в среднем 2 г/т. При проведении ревизионно-поисковых работ [Кононенко, 2019] пройдены две линии шурфов и канава, вскрывшая жильно-прожилковую зону мощностью 4 м с содержанием золота 3.4 г/т.

Улуг-Саирское рудопроявление золота расположено в 3 км к западу от Арысканского и локализовано в тектонически ослабленной осевой части горстантиклинали, ядро которой сложено конгломератами нижнеадырташской подсвиты. В его пределах выделено более 75 кварцевых жил мощностью более 2 м и сопровождающих их зон прожилкового прокварцевания суммарной мощностью до первых десятков метров с содержанием золота от 0.2 до 286 г/т, серебра от 2.0 до 300 г/т. Ревизионными работами в этой части площади прослежена рудная зона протяженностью 1200 м с содержанием золота 2 г/т.

Хаак-Саирское рудопроявление золота расположено в верховьях лога Хаак-Саир в 7 км к западу от рудопроявления Улуг-Саирское. На проявлении выделено пять участков развития золото-кварцевых жил среди лиственитов, эффузивов венда—кембрия и конгломератов ордовика, выявлена рудная зона с повышенными содержаниями золота, меди, свинца, цинка, теллура, урана в коренных породах, опробованы кварцевые жилы всех пяти участков. Результаты опробования показали крайне неравномерное содержание золота при малых мощностях. Содержание золота в штучных пробах составляет от следов до 63 г/т.

По результатам проведенных работ в северной части Алдан-Маадырского узла выделена золоторудная жильно-прожилковая зона, охватывающая большинство известных золоторудных объектов. Эта линейная штокверкоподобная зона с наложенным жильно-прожилковым окварцеванием и сульфидизацией включает одну или несколько жильно-прожилковых систем в лиственитах и метасоматически измененных кварцево-галечных конгломератах, сменяющаяся по простиранию узкими линейными зонами березитизированных пород. Она вскрыта линиями канав в шести пересечениях через 130–200 м и прослежена на запад и восток маршрутами и горными выработками в общей сложности на 15 км. Прогнозные ресурсы золота составляют по категории  $P_2$  — 38 т и по категории  $P_3$  — 80 т.

В южной части узла золотооруденение локализуется в субширотной зоне интенсивного расланцевания, к которой приурочены окварцованные, пиритизированные, альбитизированные дайки кварцевых порфиоров, согласных с направлением расланцевания пород, в которой выявлены небольшие проявления в березитизированных порфирах и вмещающих их алевролитах и песчаниках (Душканыгское-1 и 2, Чедыханское, Тожектыгхемская) с содержанием золота до 1–3 г/т, а также рудопроявление Ак-Дагское, представленное жильно-прожилковой системой кварц-карбонатного состава протяженностью первые десятки метров с неравномерной вкрапленностью галенита, малахита и блеклой руды. Содержания золота крайне неравномерные от следов до 9.7 г/т, составляя в среднем 4.5 г/т.

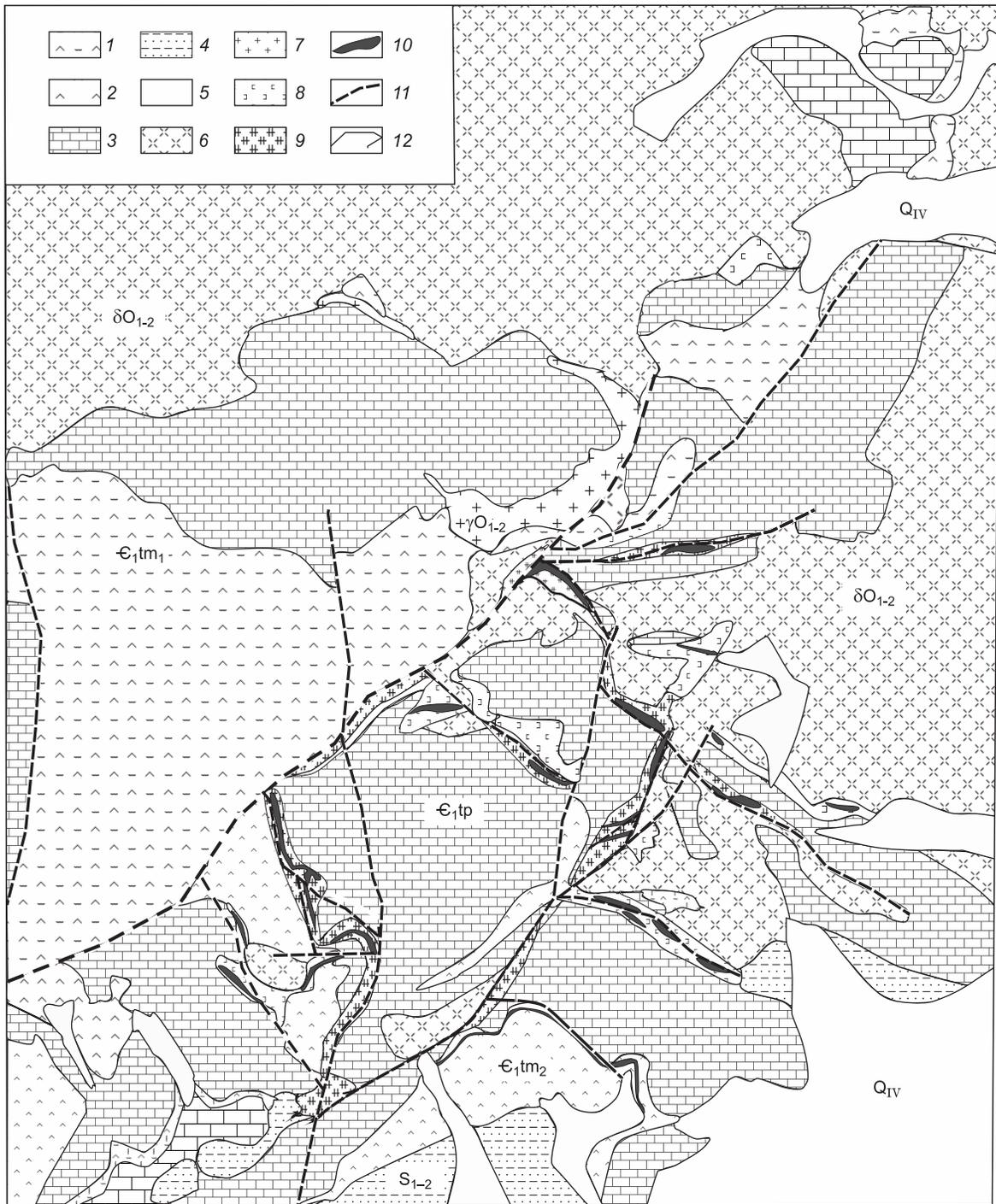
В восточной части республики в 78 км к северо-востоку от г. Кызыл в ассоциации с гранитными интрузиями выявлена серия собственно золоторудных проявлений скарнового типа — это месторождение Тардан, Копто, Барсучье, Правобережное и рудопроявления Сурлуг-Хемское, Тардан-2, объединенные в **Тарданский рудный узел**. Эти золоторудные месторождения, парагенетически связанные с гранитоидными интрузиями раннетаннуольского комплекса ( $O_1tn$ ), имеют гидротермальный генезис и сопряжены со скарнами и среднетемпературными метасоматитами лиственит-березитового ряда. Их рудные тела представлены минерализованными зонами типа линейных штокверков, приуроченных к краевым приконтактовым зонам гранитоидных интрузий раннетаннуольского комплекса ( $O_1tn$ ) либо к их апикальным приконтактовым зонам, осложненным тектоническими разломами. В качестве примера более детально рассмотрим наиболее крупное в этом узле Тарданское месторождение.

Месторождение Тардан локализуется в экзоконтактной части Копто-Байсютского габбро-диорит-плагиогранитного массива таннуольского комплекса с возрастом ( $485.7 \pm 4.4$  млн лет), полученным Ar-Ar методом по биотитам [Гаськов, 2008]. Оруденение пространственно ассоциирует с известковыми и магнезиальными скарнами [Коробейников, Зотов, 2006; Гаськов, 2008], среди которых более широкое развитие имеют известковые скарны. Они образуют крупные тела протяженностью до нескольких сот метров и мощностью до первых десятков метров и сложены пироксеном, гранатом, эпидотом, волластонитом, скаполитом и магнетитом (рис. 6). Магнезиальные скарны играют подчиненную роль и слагают лишь маломощные тела неправильной формы, сложенные в основном Mg-содержащими минералами — форстеритом, фассаитом, шпинелью, паргаситом, флогопитом, реже милилитом и периклазом. Часто по скарнам вдоль линейных зон дробления развиваются постскарновые метасоматиты, сложенные более низкотемпературными минералами (актинолит, тремолит, эпидот, серпентин, хлорит, тальк, кварц и карбонат). На месторождении выделяются два типа золоторудной минерализации: 1 — золото-сульфидно-магнетитовая, связанная со скарновыми телами, и 2 — золото-сульфидная в метасоматитах линейных зон дробления.

Золото-сульфидно-магнетитовая минерализация слагает небольшие линзовидные тела мощностью от десятков сантиметров до первых десятков метров в пределах известковых и магнезиальных скарнов и образует прожилково-вкрапленные, реже массивные текстурные разновидности. Рудные тела сложены в основном магнетитом и меньше гематитом с бедной (1—3 %) вкрапленностью сульфидов — пирита, халькопирита, борнита, сфалерита, пирротина, арсенопирита, главными из которых являются пирит и халькопирит. Золото имеет пространственную связь с сульфидной минерализацией, а его содержания — прямую корреляцию с количеством сульфидных минералов. Среднее содержание золота в рудах составляет около 7 г/т, и лишь в отдельных участках его величины достигают нескольких десятков г/т. Золото образует мелкие и тонкие (0.3—0.01 мм) самородные выделения. Это преимущественно высокопробное золото (820—990 ‰) с содержанием примеси серебра (до 13.6 %) и меди (до 5.07 %).

Золоторудная минерализация зон дробления также имеет широкое распространение и приурочена к крутопадающим линейным тектоническим структурам северо-западного, субмеридионального и реже северо-восточного простирания (см. рис. 6). Протяженность таких зон достигает несколько сот метров при ширине в первые десятки метров. Они накладываются на все типы пород, включая скарны, и представлены эпидот-альбит-хлорит-карбонатными, серицит-кварцевыми, карбонат-тальк-хлорит-магнетитовыми, серпентинсодержащими метасоматитами, а также березитами и мраморами с золото-сульфидной минерализацией (около 3—5 ‰). По составу здесь наряду с традиционными для медно-скарновых месторождений минералами — халькопирит, пирит, борнит развиты теллуриды — гессит ( $Ag_2Te$ ), теллуросмугит ( $Bi_2Te_3$ ), тетрадимит ( $Bi_2Te_2S$ ), низкотемпературные сульфосениды и сульфиды кобальта и никеля. Золото имеет неравномерное распределение, образуя обогащенные участки мощностью до 15 м и протяженностью до 120 м. Средние содержания золота на разных участках изменяются от 3 до 10 г/т, а в отдельных пробах достигают 80 г/т. Выделяется золото преимущественно в виде мелких и тонких (0.01—0.50 мм) самородных вкраплений в микротрещинах в породе, а также в виде включений в пирите, халькопирите и борните. Пробность золота изменяется в широком диапазоне от 440 до 820 ‰. Общие запасы Au на месторождении составляют 7371.8 кг, а прогнозные ресурсы с рудопроявлениями Сурлуг-Хемское, Коптинское и Барсучье, расположенными на флангах Тарданского месторождения оценены в 4—5 т.

Аналогичные Тарданскому рудному узлу выявлены проявления золота в 170 км на восток-юго-восток от г. Кызыл в верховьях р. Каа-Хем (Малый Енисей). Эти рудопроявления пространственно и генетически связаны с раннесреднекембрийскими интрузивами диоритов таннуольского комплекса, прорывающего вулканогенно-карбонатно-терригенные отложения верхнего рифея—нижнего кембрия. В провесах кровли интрузий и в ее экзоконтактах развиты скарны преимущественно известкового состава, а в зонах разломов интрузий — березиты с кварцевыми жилами и зонами окварцевания. На площади около 8 км<sup>2</sup> выявлены 6 золоторудных проявлений, которые образуют **Кара-Бельдырский золоторудный узел**. По данным геолого-поисковых работ (Шаповалов, 2019), здесь выделяются два типа оруденения: золото-скарновое и золото-березитовое. Основную ценность представляет золото-березитовое оруденение с промышленными концентрациями золота, развитое непосредственно по кварцевым диоритам. Золото-березитовое оруденение тяготеет к зонам крупных разломов северо-восточного простирания, а максимально проявляется на участках пересечения этих разломов с тектоническими нарушениями субширотного, реже северо-западного направления. В результате фиксируются рудно-метасоматические зоны штокверкоподобного типа. Наиболее крупная такая рудно-метасоматическая зона прослежена по простиранию на 2.3 км при ширине 100—400 м. В ее пределах выявлены перспективные проявления Гордеевское и Эзен. Рудопроявление Гордеевское, расположенное на левобережье руч. Кара-Бельдир, является собственно золото-березитовым. На рудопроявлении Эзен (правобережье ручья) наблюдается пространственное совмещение золото-березитового и золото-скарнового оруденений.



**Рис. 6. Схема геологического строения Тарданского золоторудного месторождения, по [Гаськов, 2008].**

1—4 — нижнепалеозойские отложения: 1 — андезитовые порфиры и туфы с прослоями алевролитов и песчаников нижней части туматтайгинской свиты (ε<sub>1tm1</sub>), 2 — кварцевые порфиры с прослоями андезитовых порфиритов и известняков верхней части туматтайгинской свиты (ε<sub>1tm2</sub>), 3 — известняки и известковистые сланцы тапсинской свиты (ε<sub>1tp</sub>), 4 — конгломераты и песчаники нижнего и среднего отдела силура (S<sub>1-2</sub>); 5 — четвертичные отложения (Q<sub>IV</sub>); 6, 7 — изверженные породы таннуольского комплекса нижнепалеозойского возраста (γδO<sub>1-2</sub>); 6 — габбро-диорит-плагиогранитная формация, 7 — малые тела гранит-порфиритов и кварцевых диоритов; 8 — известковые и магниезальные скарны; 9 — гидротермально-метасоматические породы минерализованных зон дробления; 10 — золоторудные тела; 11 — тектонические зоны; 12 — геологические границы.

Здесь выделены два золоторудных и два золото-медных тела. Протяженность золоторудных тел 80 и 100 м, мощность 7 и 5 м, содержания золота 9.2 и 9.5 г/т соответственно. На рудопроявлении Гордеевском выделены три золоторудных тела протяженностью 80—180 м при средней мощности 1—16 м с содержаниями золота 7.1—17.9 г/т. Оруденение представлено прожилковой и неравномерно-вкрапленной золото-сульфидно-кварцевой минерализацией, сложенной в основном пиритом, халькопиритом, сфалеритом, реже галенитом, арсенипиритом, энаргитом, леллингитом и иногда теннантитом и минералами висмута. Золото локализуется в основном в пирите в виде мелких включений (<0.1 мм). Пробность золота 875—890 ‰.

По совокупности полученных данных для всей площади рудного узла были подсчитаны запасы золота категории  $C_1$  и  $C_2$ , в количестве 22 780 кг. Забалансовые — 3412 кг с содержанием 3.232 г/т.

В юго-восточной части Сангиленского выступа Тувино-Монгольского массива в ассоциации с Эмийским плутоном таннуольского интрузивного комплекса выделен **Эмийский золоторудно-россыпной район**. В его геологическом строении участвуют верхнепротерозойские карбонатные и терригенно-карбонатные отложения нарынской свиты, венд-нижекембрийские вулканогенные отложения чахыртойской свиты, а также массивы гипербазитов и габброидов офиолитового комплекса, которые прорваны гранитоидами Эмийского массива таннуольского комплекса. По результатам поисковых работ, проводимых на площади района АО «Красноярскгеолсъёмка» в 2013—2015 гг. [Кононенко и др., 2019], были выделены три потенциальных золоторудных поля — Кудургинское, Оттукдашское и Улинханское.

*Кудургинское потенциальное рудное поле* представляет собой зону интенсивного гидротермально-метасоматического изменения эффузивных пород чахыртойской свиты, контролируемую субмеридиональным глубинным разломом в области ее контакта с интрузивными образованиями таннуольского комплекса. Разрез чахыртойской свиты сложен в основном эффузивными образованиями — фельзиты, дациты, андезитобазальты, их туфы и туфобрекчии с редкими прослоями углеродистых сланцев. К участкам, пронизанным протрузиями серпентинитов, приурочены золотоносные зоны, в которых широко развиты окварцевание, сульфидизация и серпентин-карбонат-тальковые метасоматиты с кварц-карбонатными жилами. Среднее содержание сульфидов не превышает 1—3 %, главными из которых являются пирит, пирротин, марказит, реже халькопирит и сфалерит. При проведении детальных работ в пределах рудного поля на площади 6 км<sup>2</sup> по двум пересечениям были получены содержания золота от 1.42 до 4.26 г/т на мощность соответственно 16 и 32 м. В центральной части выделяется рудный интервал в 7 м с содержанием золота 5.58 г/т. В интервале 16 м установлено среднее содержание 1.42 г/т, одна проба с содержанием 3.5 г/т. Границы рудных интервалов выделены на фоне 10—100 мг/т. Таким образом, на Кудургинском потенциальном рудном поле локализована золотоносная зона мощностью 24 м при протяженности 1700 м с бортовым содержанием 0.3 г/т. Всего по Кудургинскому потенциальному рудному полю прогнозные ресурсы золота категории  $P_2$  составили 38 т.

*Улинханское потенциальное рудное поле* выделено в зоне эндо- и экзоконтакта плагиогранитной интрузии таннуольского комплекса. В пределах участка выявлены золоторудные зоны мощностью от 50 до 150 м и протяженностью от 500 до 1200 м, сопровождаемые литохимическими аномалиями золота с содержаниями до 0.91 г/т. По наличию в пределах участка россыпей золота с признаками золото-сульфидно-кварцевой формации рудное поле сопоставимо с Ольховско-Чибижекским рудным узлом с коэффициентом подобия в 0.6.

*Оттукдашское рудное поле* включает участок Северный площадью 5 км<sup>2</sup>, который по комплексу признаков выделен как перспективный для проведения детальных работ. В результате работ обозначена рудная зона, отвечающая золото-кварцевой малосульфидной формации с ресурсами, соответствующими категории  $P_3$ . Суммарные прогнозные ресурсы рудного золота категории  $P_2$  по Эмийскому золоторудно-россыпному узлу приняты 53 т.

Как показали поисковые специализированные работы на золото, проведенные в 2012—2014 гг. ФГУП «СНИИГГиМС», реальные перспективы в отношении коренной золотоносности имеет слабоизученный Восточно-Таннуольский (Деспенский) железо-медно-золоторудный район Таннуольско-Улугойской металлогенической зоны. Этот рудный район расположен в 70—100 км южнее Кызыла на границе России и Монголии и занимает юго-западную часть Верхнеенисейской складчатой системы в пределах Восточно-Таннуольского антиклинория. В строении антиклинория выделяются два структурных яруса. Нижний сложен андезит-базальтовой формацией кадвойской, серлигской свит рифея—нижнего кембрия, верхний — вулканогенно-карбонатно-рифогенной формацией ирбитейской, шивелигской и манайлыгской свит нижнего—среднего кембрия. Отложения этих свит интродуцированы массивами диорит-гранодиорит-плагиогранитовой формации таннуольского комплекса. Метасоматические образования представлены роговиками, скарнами, березитами, листовенитами и пропилитами. Выделяются также гидротермальные образования, часто ассоциированные с метасоматитами и представленные кварцевыми, кальцитовыми, кварц-карбонатными и кварц-эпидотовыми жилами.

По результатам работ ФГУП «СНИИГГиМС» в пределах Деспенского узла выделены три золоторудных поля (с запада на восток) — Деспенское, Сувактыгское и Овур-Онгешское [Черных, 2015; Черных и др., 2015, 2017]. Все рудные поля приурочены к около- или надкровельным частям слабовскрытых эрозией массивов интрузивных пород двух фаз таннуольского комплекса (габбро, диориты, гранодиориты, тоналиты, граниты). Минерализованные линейные зоны, выраженные сульфидизацией, окварцеванием, развитием сульфидно-кварцевых жил и прожилков, приурочены к зонам разломов, расположенных либо в приконтактной, либо в надкровельной частях массивов таннуольского комплекса. Золотая минерализация относится преимущественно к золото-сульфидно-кварцевой формации. Также обнаружены золотосодержащие колчеданно-полиметаллические проявления, связанные с вулканитами раннекембрийского возраста, и проявления молибден-медно-порфирирового состава, ассоциирующие с гранитами и лейкогранитами ордовикского возраста. В эндо- и экзоконтактных зонах гранитных массивов таннуольского комплекса установлены многочисленные зоны скарнирования и сульфидизации с золотой минерализацией.

*Деспенское золоторудное поле* приурочено к тектоническому блоку, ограниченному двумя крупными разломами субширотного направления и двумя субмеридиональными разломами более позднего заложения, и расположено в замковой части крупной Серлигской синклинали в плане линейной формы с субширотным направлением оси складки. В геологическом строении этой площади принимают участие раннекембрийские породы, представленные в нижней части разреза существенно вулканогенными образованиями (базальты, андезитобазальты и их туфы, реже риодациты с прослоями известняков и сланцев (надвойская свита), в средней — вулканогенно-терригенно-осадочными отложениями (серлигская свита) и вверху существенно терригенно-карбонатными породами с небольшими прослоями вулканитов (ирбитейская свита). В замковой части складки наблюдается высокая степень их дислокации с многочисленными зонами трещиноватости. Интрузивные массивы в виде небольших тел выходят на поверхность, среди которых один наиболее крупный массив Рудный вскрыт в центральной части рудного поля, а другой — на его юго-восточном фланге. Золоторудная минерализация установлена в приконтактных и надинтрузивных зонах массивов габбро-диоритового (первая фаза) и гранодиорит-плаггиогранитного (вторая фаза) составов позднекембрийского таннуольского комплекса. В пределах минерализованных зон породы интенсивно окварцованы и сульфидизированы, развиты многочисленные мелкие сульфидно-кварцевые прожилки и реже крупные жилы. Рудная минерализация накладывается на все типы пород — вулканиты, известняки, скарны, гранитоиды и представлена пиритом, халькопиритом, гематитом и золотом. В пределах Деспенского рудного поля установлены шесть минерализованных зон длиной от 750 до 3200 м и мощностью от 8 до 32 м со средним содержанием золота от 0.2 до 3.2 г/т. В локальных рудных сечениях мощностью 0.3—19.6 м содержания могут составлять 2.0—7.4 г/т.

*Овур-Онгешское золоторудное поле* приурочено к системе разломов субширотного (Южно-Таннуольская зона) и субмеридионального простирания и, предположительно, приурочено к надкровельной части нескрытых интрузивов таннуольского комплекса. Оно локализуется в пределах синклинали складки, ядро которой сложено раннекембрийскими терригенно-карбонатно-вулканогенными породами ирбитейской свиты, а крылья — более древней раннекембрийской вулканогенной серлигской свиты. Здесь выявлены 10 минерализованных зон длиной от 600 до 3600 м, при средней мощности от 7 до 23 м и среднем содержании золота от 3 до 10 г/т. Минерализованные зоны приурочены в основном к узлам пересечения разломов преимущественно среди вулканогенных пород и характеризуются развитием окварцевания, сульфидизации, а также кварц-сульфидных жил и прожилков. Рудная минерализация этих зон представлена магнетитом, пиритом, халькопиритом и теллуридами (петцит, гессит, алтаит). Содержание золота в зонах изменяется от 0.15 до 2.10 г/т, а в единичных сечениях мощностью 0.3—3.5 м достигает 2.9—10.0 г/т.

*Сувактыгское золоторудное поле* расположено в поле терригенно-карбонатно-вулканогенных пород серлитской свиты, прорванных массивами гранитов и диоритов таннуольского комплекса. Здесь выявлены три минерализованные зоны протяженностью 1000—2800 м и мощностью в первые десятки метров, приуроченные к разломам северо-восточного простирания. В зонах широко развита прожилковая кварц-халькопирит-борнитовая и кварц-пиритовая минерализация. Содержание золота в штучных пробах составляет 0.15—5.47 г/т.

Оценка сотрудниками ФГУП «СНИИГГиМС» прогнозных ресурсов золота изученных золоторудных полей по выделенным минерализованным зонам на основе полученных сечений с содержанием золота 2 г/т и более с использованием коэффициентов рудоносности и надежности прогноза показала: по Деспенскому золоторудному полю до глубины 100 м прогнозные ресурсы золота категории  $P_2$  составляют 42.3 т; по Сувактыгскому — 4.1 т, а по Овур-Онгешскому — 21.9 т. Всего ресурсы оцениваются в 68.3 т, а при оценке ресурсов до глубины 200 м их количество увеличится до 95.6 т.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ показывает, что в Республике Тыва широко распространены проявления рудного золота различных формационных типов и разного возраста, связанные со сложной и длительной геологической историей этого региона. Территория Тывы является регионом полициклического развития, в котором в период с докембрия до кайнозоя проявились этапы субдукционных, аккреционно-коллизийных и рифтогенных процессов, сопровождаемые образованием различного типа вулканизма и широким формированием гранитоидного магматизма. Развитие металлогении золота в геологической истории региона было дискретным и наиболее широко оно проявилось в островодужный этап (570—510 млн лет). Также продуктивным для образования золотого оруденения является позднекембрийско-ордовикский период формирования гранитоидного магматизма, с которым связаны золото-медно-молибден-порфиновые и собственно золоторудные месторождения и проявления золото-скарновых, золото-кварцевых, золото-березитовых типов. На территории Тывы выделяются несколько золоторудных узлов, развитых в разных структурно-формационных зонах. К настоящему времени балансовые содержания, представляющие промышленный интерес [Государственный баланс..., 2019], выявлены на собственно золоторудном Тарданском месторождении с запасами Au — 7371.8 кг и на золотосодержащих месторождениях: колчеданно-полиметаллическом Кызыл-Таштыг, запасы которого оцениваются по Au в 15.08 т, Ag — около 700 т и медно-молибден-порфировом Ак-Суг с балансовыми запасами категории C<sub>2</sub> по Au — 83 т и Ag — 368 т. Кроме того, проведенные в последние годы поисково-ревизионные работы на многих золоторудных узлах позволили получить дополнительную информацию об эндогенном золотооруденении и оценить его перспективы. В *Амыло-Систигхемском золоторудном узле* старательской артели «Ойна» (Добрянский, 2002) оценены прогнозные ресурсы Au на Октябрьском месторождении по поверхностным работам по категории P<sub>1</sub> — 6722 кг, а в 2014 г. во вновь выявленных бурением двух рудных зонах дополнительно оценены ресурсы Au по категориям P<sub>1</sub> — 1006.5 кг и P<sub>2</sub> — 152.1 кг (Тюкпиеков, 2014). В *Алдан-Маадырском золоторудном узле* поисковыми работами АО «Сибирское ПГО» (Кононенко и др., 2019) выделена золоторудная жильно-прожилковая зона, вытянутая на 15 км, с прогнозными ресурсами Au по категории P<sub>2</sub> — 38 т и по категории P<sub>3</sub> — 80 т. В *Кара-Бельдырском золоторудном узле* по данным геолого-поисковых работ ООО «Тардан Голд» (Шаповалов, 2019) по всей площади рудного узла (проявления Гордеевское и Эзен) были подсчитаны запасы Au категории C<sub>1</sub> и C<sub>2</sub>, в количестве 22780 кг. В *Эйлигхемском рудном узле* работами ОАО «Красноярскгеолсъемка» (Кононенко, 2012) общие прогнозные ресурсы Au категории P<sub>3</sub> оценены в 36 т, в *Кызыкчадрском рудном узле* работами АО «Сибирское ПГО» (Бабкин и др., 2019) на месторождении Кызык-Чадр прогнозные ресурсы категории P<sub>1</sub>+P<sub>2</sub> составляют по Au — 39 684 кг и Ag — 198 т. По результатам работ ФГУП «СНИИГТиМС» в *Восточно-Таннуольском рудном районе* прогнозные ресурсы Au категории P<sub>2</sub> до глубины 100 м по Деспенскому золоторудному полю составляют 42.3 т; по Сувактыгскому — 4.1 т, а по Овур-Онгешскому — 21.9 т. Всего ресурсы Au оцениваются в 68.3 т, а при оценке ресурсов до глубины 200 м их количество увеличится до 95.6 т.

Таким образом, сложная история геологического развития территории Республики Тыва, проявление разнообразных геологических событий, включая масштабные магматические процессы, привели к формированию в ее недрах как собственно золоторудных, так и золотосодержащих месторождений и рудопроявлений, которые дают основание предполагать выявление крупных промышленных запасов эндогенного золота и развитие золотодобывающей промышленности в республике.

Работа выполнена по госзаданию, проекты 0330-2016-0001 и 121031500140-2.

## ЛИТЕРАТУРА

**Берзин Н.А., Кунгурцев Л.В.** Геодинамическая интерпретация геологических комплексов Алтае-Саянской области // Геология и геофизика, 1996, т. 37 (1), с. 63—81.

**Берзин Н.А., Колман Р.Г., Добрецов Н.Л., Зоненшайн Л.П., Сяо Сючань, Чанг Э.З.** Геодинамическая карта западной части Палеоазиатского океана // Геология и геофизика, 1994, т. 35 (7—8), с. 8—28.

**Берзина А.Н., Берзина А.П., Гимон В.О.** Си-Мо-порфиновые месторождение Аксуг (Северо-Восточная Тува): хронология процессов магматизма и рудообразования (U-Pb, Re-Os изотопные данные), металлогенические следствия // Геология и геофизика, 2019, т. 60 (9), с. 1330—1349.

**Бурдин Н.В., Лебедев В.И., Лебедев Н.И.** Золото-медь-молибден-порфиновые руды // Успехи современного естествознания, 2009, № 5, с. 15—23.

**Бухаров Н.С., Зайков В.В.** Вулканогенные комплексы Восточной Тувы и их металлогенические особенности // Геология и геофизика, 1979 (11), с. 67—75.

**Винкман М.К., Гинцингер А.Б., Журавлева И.Т., Пегель Т.В., Фефелов А.Ф.** Стратиграфический объем нижнекембрийских отложений на северо-западной окраине нагорья Сангилен в Туве // Кембрий Алтае-Саянской складчатой области. М., Наука, 1980, с. 95—115.

**Гаськов И.В.** Новые данные о соотношении скарновой золоторудной минерализации на Тарданском месторождении (Северо-Восточная Тува) // Геология и геофизика, 2008, т. 49 (12), с. 1227—1238.

**Гаськов И.В.** Кызыл-Таштыгское месторождение в Восточной Туве — эталон древнего вулканогенного образования колчеданно-полиметаллических руд // Геология и геофизика, 2020, т. 61 (2), с. 175—193.

**Государственный баланс** запасов полезных ископаемых Российской Федерации на 1 января 2019 г., выпуск 29. Золото. Т. VII, Сибирский федеральный округ. Ч. 5. Республика Хакасия, Республика Тыва. М., Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2019, 107 с.

**Государственная** геологическая карта Российской Федерации м-ба 1 : 200 000. Издание второе. Серия Западно-Саянская, Лист N-46-XXXV (Уюк). Объяснительная записка. М., Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2019, 132 с.

**Гусев Н.И., Берзон Е.И., Семенов М.И.** Кызык-Чадрское медно-порфировое месторождение (Тува): геохимические особенности и возраст магматизма // Региональная геология и металлогения, 2014, № 59, с. 70—79.

**Дистанов Э.Г., Оболенский А.А.** Металлогеническое развитие Центрально-Азиатского подвижного пояса в связи с его геодинамической эволюцией // Геология и геофизика, 1994, т. 35 (7—8), с. 252—269.

**Добрецов Н.Л., Буслов М.М.** Позднекембрийско-ордовикская тектоника и геодинамика Центральной Азии // Геология и геофизика, 2007, т. 48 (1), с. 93—108.

**Добрецов Н.Л., Симонов В.А., Буслов М.М., Котляров А.В.** Магматизм и геодинамика Палеоазиатского океана на венд-кембрийском этапе его развития // Геология и геофизика, 2005, т. 46 (9), с. 952—967.

**Добрянский Г.И., Сотников В.И., Берзина А.Н., Яровой С.А.** Особенности магматизма Аксугского медно-молибденового месторождения // Магматизм и металлогения рудных районов Тувы. Новосибирск, Наука, 1992, с. 49—62.

**Зайков В.В.** Рудоносные вулканические комплексы протерозоя и кембрия Тувы. Новосибирск, Наука, 1976, 126 с.

**Зайков В.В., Лебедев В.И., Тюлькин В.Г., Гречищева В.Н., Кужегет К.С.** Рудные формации Тувы. Новосибирск, Наука, 1981, 201 с.

**Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М.** Тектоника литосферных плит территории СССР. М., Недра, 1990, кн. 1, 326 с.

**Кононенко Н.Б.** Предварительные результаты по золотоносной Алдан-Маадырской зоне (Республика Тыва) // Материалы научно-практической конференции «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Центральной Сибири». Красноярск, ОАО «Красноярскгеолсъемка», 2011, с. 162—166.

**Кононенко Н.Б., Юркевич Л.Г., Корневская Т.Н., Анопченко Т.И.** О перспективах Эмийского узла на коренное золото (Юго-Восточная Тыва) // Сборник статей «Геологическое строение и полезные ископаемые Центральной Сибири». Красноярск, 2019, с. 130-136.

**Коробейников А.Ф., Зотов И.А.** Закономерности формирования месторождений золото-скарновой формации. Томск, Изд-во ТПУ, 2006, 234 с.

**Кужугет Р.В., Монгуш А.А.** Алдан-Маадырский золоторудный узел (Западная Тува): особенности геолого-структурного строения и химического состава золота // Вестн. ТГУ, 2013, № 369, с. 188—192.

**Лебедев В.И.** Полезные ископаемые Тувы и сопредельных территорий. М., Де' Либри, 2018, 494 с.

**Лебедев В.И., Лебедева М.Ф., Ойдуп Ч.К., Черезова О.И.** Благородные металлы в черносланцевых толщах Восточной Тувы // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Геоэкология природной среды и общества (научные труды ТувИКОПР СО РАН), Кызыл, ТувИКОПР СО РАН, 2002, с. 16—30.

**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 (на основе геохимических, Nd изотопных и геохронологических данных) // Геология и геофизика, 2011, т. 52 (5), с. 649—665.

**Прудников С.Г., Бутанаев Ю.В.** Сравнительная характеристика россыпного и коренного золота для целей прогнозирования золотого оруденения на территории Ойна-Харальского золотоносного района (Тува) // Металлогения современных и древних океанов. Рудоносность осадочных и вулканогенных комплексов. Миасс, ИМин УрО РАН, 2013, с. 184—188.

**Руднев С.Н.** Раннепалеозойский гранитоидный магматизм Алтае-Саянской складчатой области и Озерной зоны Западной Монголии / Ред. Г.В. Поляков. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2013, 300 с.

**Черных А.И.** Металлогения Восточно-Таннуольского рудного района Алтае-Саянской складчатой области (Республика Тыва) // Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири. Тез. докл. II науч.-практич. конференции. Новосибирск, 2015, с. 202—204.

**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 сырье Сибири. Тез. докл. II науч.-практич. конференции. Новосибирск, 2015, с. 204—206.

**Черных А.И., Ветров Е.В., Пихутин Е.А.** Геологическое строение и металлогения западной части Восточно-Таннуольского рудного района (Республика Тыва) — на основе новых геохимических и изотопно-геохронологических данных // Отечественная геология, 2017, № 2, с. 4—21.

**Шенгер А.М.Дж., Натальин Б.А., Буртман В.С.** Тектоническая эволюция алтаид // Геология и геофизика, 1994, т. 35, (7—8), с. 41—58.

**Шокальский С.П., Бабин Г.А., Владимиров А.Г., Борисов С.М.** Корреляция магматических и метаморфических комплексов Алтае-Саянской складчатой области. Новосибирск, СО РАН, 2000, 187 с.

**Ярмолук В.В., Коваленко В.И., Ковач В.П., Козаков И.К., Котов А.Б., Сальникова Е.Б.** Геодинамика формирования каледонид Центрально-Азиатского складчатого пояса // ДАН, 2003, т. 389, № 3, с. 354—359.

**Berzina A.N., Stein H.J., Zimmerman A., Sotnikov V.I.** Re-Os ages of molybdenite from porphyry and greisen Mo-W deposits of southern Siberia (Russia) preserve metallogenic record // Mineral exploration and sustainable Development. Rotterdam, Millpress, 2003, v. 1, p. 231—234.

**Kovalenko V.I., Yarmolyuk V.V., Kovach V.P., Kotov A.B., Kozakov I.K., Salnikova E.B., Larin A.M.** Isotope provinces, mechanisms of generation and sources of the continental crust in the Central Asian mobile belt: geological and isotopic evidence // J. Asian Earth Sci., 2004, v. 23 (5), p. 605—627.

*Поступила в редакцию 26 октября 2020 г.,  
принята в печать 26 мая 2021 г.*