



Металлогения золота Южной Монголии

Гаськов И. В.

Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Аннотация. В пределах Южной Монголии Южно-Гобийский золоторудный пояс, протягивающийся в субширотном направлении почти на 1000 км, является наиболее перспективным в отношении рудного золота. В его пределах выделяется несколько золоторудных районов, наиболее значимые из которых: Оюу-Толгойский, Хармагтайский, Олон-Овоотский, Даянгарский, Манлайский и Цаган-Субургинский.

Наибольший потенциал по запасам золота в Южной Монголии представляют месторождения золото-медно-порфиrowого типа, выделенные в Оюу-Толгойский и Хармагтайский рудные районы. В Оюу-Толгойском рудном районе особую ценность представляет рудное поле Оюу-Толгой, которое включает семь отдельных месторождений с более чем 42 млн т меди и 1850 т золота и достаточно высокими их содержаниями. Оруденение генетически связано с кварцевыми монцодиоритами, щелочными базальтами позднего девона.

Большим потенциалом по запасам золота обладают золото-медно-порфиrowые месторождения Хармагтайского рудного района, расположенного в 160 км на северо-восток от месторождения Оюу-Толгой. Основное Au-Cu-порфиrowое оруденение сосредоточено в Хармагтайском рудном поле и связано с порфиrowыми системами Хармагтайского магматического комплекса. Ресурсы рудного поля оцениваются в 1,1 млрд т руды, 37 млн т меди и 1,3 тыс. т золота.

В целом Южно-Монгольскую металлогеническую провинцию можно назвать одной из богатейших в мире по запасам рудного золота. Наибольшую значимость в этом регионе представляют золото-медно-порфиrowые месторождения, развитые в Оюу-Толгойском и Хармагтайском рудных районах.

Ключевые слова: Южная Монголия, металлогения, золото, месторождение, рудное поле.

Для цитирования: Гаськов И. В. Металлогения золота Южной Монголии. Руды и металлы. 2025. № 2-3. С. 24–44. DOI: 10.47765/0869-5997-2025-10006.

Gold metallogeny of Southern Mongolia

Gaskov I. V.

Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia

Annotation. Within the Southern Mongolia, the South Gobi gold ore belt stretching in the sublatitudinal direction for almost 1000 km is the most promising in terms of ore gold. Several gold ore regions are distinguished within its boundaries, the most significant of which are the Oyu Tolgoi, Kharmagtai, Olon-Ovoot, Dayangar, Manlai, and Tsagaan Suvarga ones. In the eastern segment of the belt, within the Mandal-Ovoot terrane, the Olon-Ovoot ore region is distinguished with different-age hydrothermal-metasomatic gold ore mineralization of various types, represented by the Olon-Ovoot, Khurimt-Khuduk, Itgel, and Unegen-Del ore deposits.

The maximum potential for gold reserves in Southern Mongolia is related to gold-copper porphyry deposits comprised into the Oyu Tolgoi and Kharmagtai ore regions. In the Oyu Tolgoi ore region, the Oyu Tolgoi ore field is exclusively highly estimated. It comprises seven individual ore deposits that contain in total more than 42 million tons of copper and 1850 tons of gold with fairly high grades. The ore mineralization is genetically associated with quartz monzodiorites and alkaline basalts of the Late Devonian. To the east of the Oyu Tolgoi region, the Tsagaan Suvarga ore cluster is distinguished with the Tsagaan Suvarga molybdenum-copper porphyry type deposit and several ore occurrences. They are characterized by rather low gold (0.08 g/t) and silver (2 g/t) grades. The gold-copper porphyry deposits of the Kharmagtai ore district located 160 km northeast of the Oyu Tolgoi deposit have a great potential for gold reserves. The main Au-Cu porphyry mineralization is concentrated in the Kharmagtai ore field and is associated with porphyry systems of the Kharmagtai igneous complex. Resources of the ore field are estimated at 1.1 billion tons of ore, 37 million tons of copper, and 1.3 thousand tons of gold.

In general, the South Mongolian metallogenic province can be considered one of the world richest ones in terms of ore gold reserves. The most significant in this region are the gold-copper porphyry deposits located in the Oyu Tolgoi and Kharmagtai ore regions.

Keywords: South Mongolia, metallogeny, gold, ore deposit, ore field.

For citation: Gaskov I. V. Gold metallogeny of Southern Mongolia. Ores and metals. 2025. No. 2-3. pp. 24–44. DOI: 10.47765/0869-5997-2025-10006.

Введение. Традиционно территория Монголии подразделяется на северный «каледонский» и южный «герцинский» орогены [1, 8]. Региональной структурной границей, разделяющей эти орогены, является так называемый Главный Монгольский линеамент (рис. 1). Герцинская Южно-Монгольская складчатая система образована силурийско-девонскими и нижнекаменноугольными комплексами, включающими офиолиты, вулканы различного состава, яшмы, кремнисто-сланцевые и туфогенно-граувакковые породы, фрагментарно перекрытые верхнепалеозойской молассой. Большую часть юга Монголии занимает Южно-Монгольская металлогеническая провинция, включающая Южно-Гобийский пояс с различными типами золоторудной минерализации.

Южно-Гобийский золоторудный пояс, выделенный среди герцинид юга Монголии, прослеживается почти на 1000 км от района г. Сайншанда через сомоны Манлай, Мандал-Овоо, Баян-Цаган и далее к западу в структу-

рах хребта Эдрегийн-Нуру Гобийского и Монгольского Алтая. В его пределах выделяются несколько рудных или потенциально рудных районов, наиболее значимые из которых Олон-Овоотский, Даянгарский, Оюу-Толгойский, Хармагтайский и Манлайский. Основные месторождения этого региона представлены в табл. 1. Цель настоящей статьи состоит в том, чтобы показать развитие различных типов золоторудной минерализации в пределах Южно-Гобийского пояса, дать им геологическую характеристику и оценить масштабы проявления.

Олон-Овоотский рудный район располагается в восточной части Южно-Гобийского пояса и приурочен к Мандал-Овоотскому террейну, который примыкает к Главному Монгольскому линеаменту с юга (см. рис. 1). В геологическом строении Олон-Овоотского золоторудного узла принимают участие осадочные образования палеозоя, включая терригенные отложения силура и вулканогенно-осадочные породы девона: известняки, песчаники,

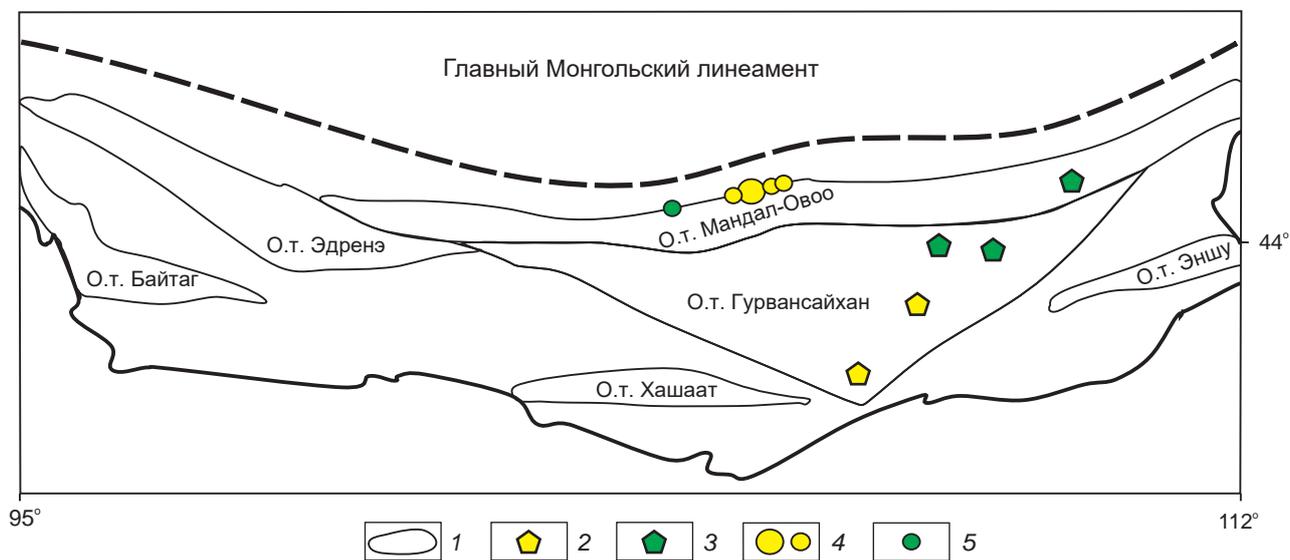


Рис. 1. Фрагмент террейновой схемы Южной Монголии и положение золоторудной минерализации разного типа (по [15]):

1 – границы островодужных террейнов (О.т.); 2 – золото-медно-порфировые месторождения; 3 – молибден-медно-порфировые месторождения; 4 – золоторудные проявления; 5 – меднорудные проявления

Fig. 1. Fragment of the terrane scheme of Southern Mongolia, showing position of gold mineralization of different types (after [15]):

1 – terrane boundaries; 2 – gold-copper porphyry deposits; 3 – molybdenum-copper porphyry deposits; 4 – gold ore occurrences; 5 – copper ore occurrences

Таблица 1. Золотосодержащие месторождения Южно-Гобийского пояса Южной Монголии

Table 1. Gold-bearing ore deposits of the South Gobi belt of Southern Mongolia

Месторождение	Формационный тип	Рудовмещающая формация	Геотектоническая позиция	Рудообразующие минералы	Полезные компоненты	Запасы
Олон-Овоот	Золото-кварцевый	Вулканогенно-осадочная	Островодужный террейн Мандал-Овоо	Галенит, пирит, халькопирит, ковелин, халькозин, алтаит, магнетит, гематит и самородное золото	Au – 3–50 г/т	Au ~ 20 т
Унэгэн-Дэл	Золото-ртутный	Песчано-сланцевая	Островодужный террейн Мандал-Овоо	Антимонит, пирит, киноварь, золото	Au – 0,1–2,0 г/т	
Оюу-Толгой	Медно-золото-порфировый	Монцонит-андезит-дацитовая	Гоби-Ханкайская дуга	Халькопирит, борнит, пирит, золото, магнетит, халькозин, энаргит, блёклые руды	Cu – 1,1 % Au – 0,35 г/т	Руда – 2,3 млрд т Cu – 27 млн т Au – 810 т
Хармагтай	Медно-золото-порфировый	Монцонит-диоритовая	Казахстано-Монгольская дуга	Халькопирит, пирит, борнит, молибденит, золото, теллуриды Au, магнетит, галенит, сфалерит	Cu – 0,5–0,8 % Au – 0,7–1,25 г/т	Руда – 1,1 млрд т Cu – 37 млн т Au – 1300 т
Цаган-Субурга	Медно-молибден-порфировый	Габбро-диорит-гранодиоритовая	Гурвин-Саянский террейн	Халькопирит, борнит, халькозин, молибденит, пирит	Cu – 0,53 % Mo – 0,02	Руда – 1,3 млрд т Cu – 6,6 млн т Mo – 260 т

алевролиты и туфы кислого состава. Кроме того, в его составе развиты юрские пестроцветные конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты, тела щелочных вулканитов и раннепермские интрузивные породы, представленные двумя фазами гранитоидов мандал-овоотского комплекса (рис. 2). К ранней фазе этого комплекса относятся низкощелочные равномернозернистые и порфировидные амфибол-биотитовые граниты, а поздняя фаза образует лейкократовые порфировидные, иногда пегматоидные граниты. Дайки этого комплекса представлены раннепермскими аплитами, пегматитами, риолитами и кварцевыми диоритами [9, 10].

В пределах Олон-Овоотского рудного узла развита серия месторождений и рудопроявлений с разными типами золотого оруденения: Олон-Овоот, Хуримт-Худук, Итгел и Унэгэн-Дэл. Они образовались в результате развития постмагматической гидротермально-метасо-

матической деятельности в широких температурных пределах (350–120 °С) [24].

Месторождение Олон-Овоот расположено на востоке Олон-Овоотского рудного района в 500 км на юг от г. Улан-Батора и является наиболее крупным золото-кварцево-жильным объектом этого района. В период с 2003 по 2010 гг. на месторождении проводилась детальная разведка и частичная отработка. За время работы рудника было добыто около 10 т золота [11]. С 2011 г. работы на месторождении приостановлены, а основной карьер консервирован.

Участок месторождения сложен сильно деформированными осадочными породами силурийского возраста, представленными алевролитами, песчаниками и известняками, чередующимися с прослоями эффузивов основного состава [4]. Эта толща прорвана штоками и дайками габбро-диоритов девонского возраста, с которыми связано формирование зо-

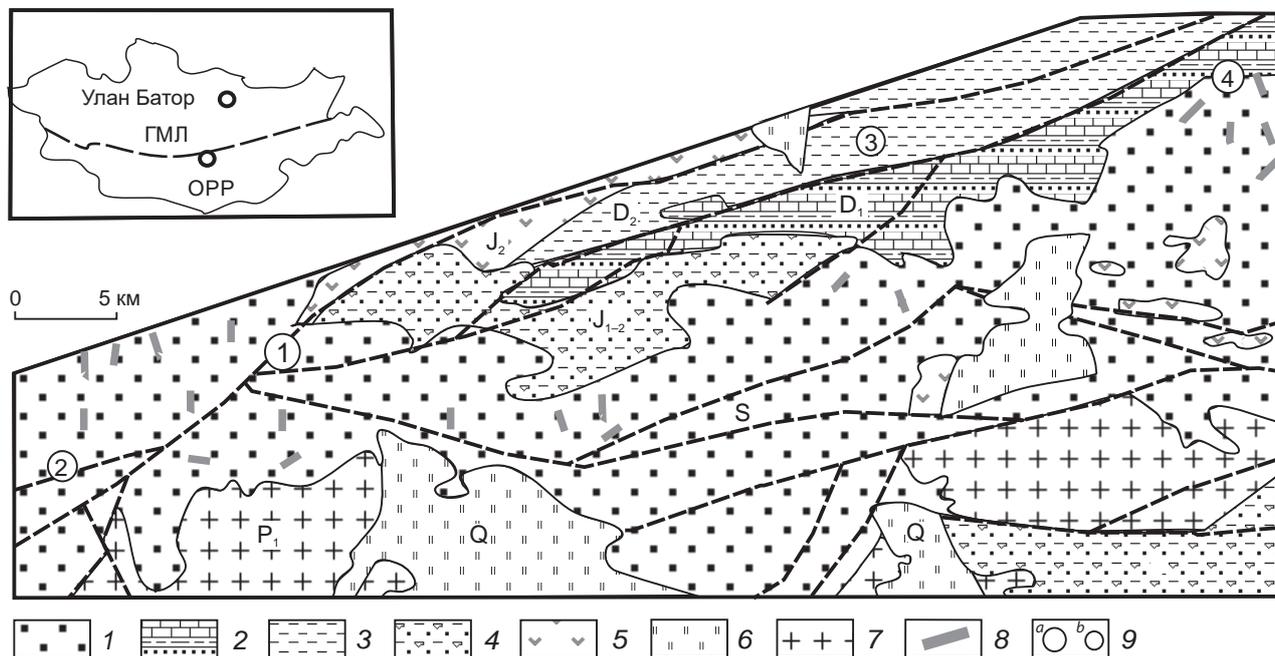


Рис. 2. Геологическое строение Олон-Овоотского рудного района:

1 – силурийские песчаники, алевролиты и известняки (S); 2 – раннедевонские алевролиты и известняки (D₁); 3 – среднедевонские песчаники, алевролиты и туфы кислого состава (D₂); 4 – средне-позднеюрские пестроцветные конгломераты, гравелиты, песчаники и алевролиты (J₁₋₂); 5 – позднеюрские щелочные вулканиты (J₂); 6 – четвертичные отложения (Q); 7 – раннепермские граниты и лейкограниты (P₁); 8 – девонские дайки диабазов и габбро-диабазов (D₁); 9 – рудные месторождения (a) и рудопроявления (b): 1 – Олон-Овоот, 2 – Хуримт-Худук, 3 – Итгел, 4 – Унэгэн-Дэл

Fig. 2. Schematic geological map of the Olon-Ovoot ore region:

1 – Silurian sandstones, siltstones, and limestones (S); 2 – Early Devonian siltstones and limestones (D₁); 3 – Middle Devonian sandstones, siltstones, and silicic tuffs (D₂); 4 – Middle to Late Jurassic variegated conglomerates, gravelites, sandstones, and siltstones (J₁₋₂); 5 – Late Jurassic alkaline volcanics (J₂); 6 – Quaternary deposits (Q); 7 – Early Permian granites and leucogranites (P₁); 8 – Devonian diabase and gabbro-diabase dikes (D₁); 9 – ore deposits (a) and ore occurrences (b): 1 – Olon-Ovoot, 2 – Khurimt-Khuduk, 3 – Itgel, 4 – Unegen-Del

лоторудной минерализации. Оруденение образует четыре обособленные кварцево-жильные рудные зоны мощностью до 10 м и длиной от 50 до 100 м, пространственно связанные с Олон-Овоотским разломом. Эти зоны сложены хлоритизированными и березитизированными породами, вмещающими золотоносные кварцевые жилы и вкрапленные руды. Вкрапленные руды локализуются в основном в березитизированных диоритах и песчаниках и содержат пирит, алтаит и самородное золото, а золотоносные кварцевые жилы представлены кварцево-карбонатными и кварцево-турмалиновыми разностями с вкрапленностью рудных минералов: галенита, халькопирита, пирита, ковеллина, халькозина, алтаита, маг-

нетита, гематита и самородного золота. Содержание золота во вкрапленных рудах, по данным атомно-абсорбционного анализа, варьирует от 3,1 до 50 г/т, а в золотоносных кварцевых жилах – от 2,6 до 374 г/т. Золото на месторождении имеет различную морфологию и размер: от амёбовидных крупных (до 1,5 мм) выделений ярко-жёлтого цвета до микродисперсных круглых пылинок горчичного оттенка. Состав золота независимо от формы выделения характеризуется высокой пробностью (960–1000 ‰; табл. 2), что, вероятно, связано с его преобразованием в гипергенных условиях. На это указывают тесная связь этого золота с гидроокислами железа, развитие тончайших плёнок горчичного золота по лимо-

Таблица 2. Состав самородного золота из разных участков Олон-Овоотского и Даянгарского рудных районов

Table 2. Composition of native gold from different sites of the Oлон-Ovoot and Dayangar ore regions

№ п/п	Участок	Образец	Число измерений	Cu	Au	Ag	Hg	Сумма
1	Олон-Овоот	Об-11А	10	0,000	96,15	0,00	0,082	96,23
2		Об-14	5	0,009	100,48	0,00	0,019	100,51
3		Об-9	10	0,001	100,21	0,00	0,037	100,25
4		Об-14А	2	0,000	100,83	0,00	0,036	100,87
5		Об-11АА	2	0,000	99,73	0,00	0,000	99,73
6		Об-4	5	0,018	91,37	7,10	0,014	98,50
7		Об-11Г	3	0,005	100,25	0,00	0,029	100,28
8		Об-7	3	0,006	97,72	0,00	0,008	97,73
9		Об-11	2	0,001	100,97	0,00	0,000	100,97
10	Итгел	524/9 - 1	5	0,000	80,00	18,54	0,023	98,56
11		524/9 - 2	3	0,000	81,27	18,45	0,042	99,76
12		524/9 - 3	3	0,000	81,53	18,77	0,000	100,30
13		524/9 - 4	2	0,000	82,18	18,47	0,085	100,74
14		524/9 - 5	3	0,000	94,79	6,36	0,019	101,17
15		524/9 - 6	2	0,000	80,80	18,43	0,000	99,23
16		524/9 - 7	6	0,000	86,32	12,25	0,025	98,60
17		524/9 - 8	4	0,026	89,25	10,57	0,027	99,87
18		524/9 - 9	4	0,044	84,02	16,40	0,000	100,46
19		524/9 - 10	2	0,085	82,20	18,78	0,062	101,13
20		524/9 - 11	2	0,025	91,55	9,55	0,036	101,16
21		524/9 - 12	3	0,000	80,31	18,20	0,000	98,51
22		523/2 - 1	1	0,000	100,36	0,00	0,064	100,43
23	523/2 - 2	4	0,000	99,25	0,00	0,016	99,27	
24	Унэгэн-Дэл	446/3	5	0,056	95,65	2,48	1,218	99,40
25		445/2	4	0,060	96,88	0,63	1,402	98,97
26		445/2А	3	0,088	96,74	0,81	0,968	98,61
27		255/2	5	0,009	98,25	0,00	0,012	98,27
28		281/1А	2	0,003	74,36	25,45	0,070	99,89
29		281/1В	5	0,007	75,01	25,24	0,035	100,29
30	255/1	4	0,003	98,65	0,05	0,010	98,71	
31	Даянгар	194	10	0,005	89,89	9,60	0,037	99,54
32		194/А	8	0,001	89,92	9,54	0,024	99,48
33		226	6	0,005	74,18	25,89	0,035	100,11
34		228	4	0,007	98,90	0,00	0,034	98,94
35		226А	6	0,000	85,22	14,57	0,072	99,86
36		225	4	0,000	99,42	0,047	0,061	99,52

ниту, замещающему кристаллы пирита. Формирование же первичного золота, по данным исследования глубоких горизонтов в карьере месторождения, происходило в результате гидротермально-метасоматического процесса, связанного с девонским магматизмом габбро-диоритового состава. На месторождении вы-

деляется две стадии этого процесса: ранняя высокотемпературная стадия (до 350 °С) турмалин-доломитовых метасоматитов, проявленная на нижних горизонтах месторождения Олон-Овоот, и поздняя стадия формирования кварцевых и кварцево-турмалиновых жил с рудной минерализацией. По данным изуче-



Таблица 3. Результаты исследования флюидных включений рудоносного кварца золоторудных проявлений Олон-Овоотского и Даянгарского рудных районов

Table 3. Results of the study of fluid inclusions in ore-bearing quartz from gold ore occurrences of the Oлон-Ovooot and Dayangar ore regions

Месторождения и рудопроявления	$T_{\text{гом}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{эвт}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{пл}}, ^\circ\text{C}$	Концентрация, мас. % NaCl экв.
<i>Золото-сульфидно-кварцевые месторождения</i>				
Олон-Овоот, кварцево-турмалиновые жилы	240–350			4,0–5,1
Олон-Овоот, рудоносный кварц	310–260	-	-6	4,8–6,6
Хуримт-Худук, рудоносный кварц	280–230	-66...-48	-3	4,9
Итгел, рудоносный кварц	195–170	-50...-49	-10...-8	14–11,7
Даянгар, рудоносный кварц	250–175	-54...-48	-4...-3,6	6,4–6,0
<i>Золото-ртутные месторождения</i>				
Унэгэн-Дэл, рудоносный кварц	150–175	-21...-23	-1,6...-3,1	2,6–5,1

ния флюидных включений из золотоносного кварца кварц-карбонатных жил, температуры их образования варьируют от 260 до 310 °С, а состав флюида имеет солёность от 4,8 до 6,6 мас. % в эквиваленте NaCl (табл. 3) [22]. На эндогенный источник гидротермальных растворов указывает изотопный состав серы пирита, развитого в кварцевых жилах совместно с самородным золотом. Он имеет узкий диапазон изменения $\delta^{34}\text{S}$ от 0,1 до 2,4 ‰, что говорит о магматогенном источнике, связанном с развитием штоков и даек габбро-диоритов девонского возраста.

В 7 км на запад от месторождения Олон-Овоот выявлено рудопроявление Хуримт-Худук, представленное зоной гидротермально-изменённых пород общей протяжённостью около 1500 м и шириной 30–50 м среди девонских алевропесчанистых отложений. Породы этой зоны частично березитизированы и содержат вкрапленность пирита и тонкие прожилки кварц-пирит-карбонатного состава. Кроме того, в пределах зоны выделяются три крупные кварцевые жилы мощностью до 1,0 м и серия более мелких жил мощностью от 10 до 40 см. Кварцевые жилы помимо кварца содержат доломит, серицит и рудные минералы: галенит,

халькопирит, арсенопирит, алтаит и золото. В протолочках жил установлено до нескольких сотен знаков самородного золота. Также повышенные содержания золота установлены в околожильных изменённых породах. По данным изучения флюидных включений, формирование кварцевых жил происходило при температуре около 280 °С (см. табл. 3), а возраст их образования, по данным Ar-Ar метода по серициту из кварцевой жилы, составляет 289 ± 3 млн лет.

Наибольшие перспективы на выявление промышленных концентраций золота в Олон-Овоотском рудном районе из числа вышеуказанных имеют рудопроявления Итгел и Унэгэн-Дэл, расположенные к востоку от месторождения Олон-Овоот.

Рудопроявление Итгел находится в 15 км к северо-востоку от месторождения Олон-Овоот в поле развития верхнепалеозойских пород (D_2), сложенных сланцами, известняками, песчаниками и линзовидными телами кварцевых порфиров. Золотое оруденение приурочено к телам кварцевых порфиров, разбитых на блоки разломами СВ и реже СЗ простирания и интенсивно рассланцованных. На участке рудопроявления выявлено три таких



тела, из которых наиболее интенсивно минерализованным является южное тело. Его протяжённость более 750 м, мощность от 1 до 14 м (средняя – 7 м). Породы достаточно сильно березитизированы и насыщены жилами и прожилками кварца, среди которых выделяются две генерации: ранние жилы, согласные сланцеватости, и секущие маломощные жилы и прожилки, наложенные на жилы ранней генерации. Золотое оруденение связано с более поздними секущими прожилками кварца (мощность от 0,5 до 30 см). По результатам пробирного анализа, содержание золота в них достигает 50,5 г/т, а в протолочках таких прожилков установлено до 500 знаков самородного золота. Минеральный состав прожилков наряду с кварцем включает кальцит, пирит, арсениопирит, галенит, халькопирит, сульфосоли свинца и золото. Золото довольно крупное, до 1,5 мм. Его пробность колеблется от 800 до 1000 ‰. Преобладает золото пробности 800–830 ‰. Золото пробности 915–1000 ‰ часто ассоциирует с окисленными сульфидами и, вероятно, связано с гипергенным преобразованием первичного золота. Изучение флюидных включений показывает достаточно низкие температуры образования этих жил (до 180 °С).

Рудопроявление Унэгэн-Дэл установлено в 25 км на северо-восток от месторождения Олон-Овоот. Участок рудопроявления имеет протяжённость около 10 км при ширине более 2 км и сложен песчано-сланцевыми отложениями силурийского и девонского возраста. Породы интенсивно дислоцированы, разбиты дизъюнктивными нарушениями субмеридионального и северо-восточного простирания и прорваны дайками и силлами диоритов и габбро-диоритов. Со структурами северо-восточного простирания пространственно связана золоторудная кварцево-жильная минерализация, представленная аргиллитизированными породами со штокверковыми зонами, сложенными пиритом, арсениопиритом, галенитом и золотом.

На участке рудопроявления выделено три рудных зоны: Северная, Промежуточная и Южная. Наиболее мощной и протяжённой является Северная зона кварцитов, протягиваю-

щаяся в кровле толщи известняков в СВ направлении почти на 7 км при мощности до 8 м. Кварциты сложены тонкозернистым или халцедоновидным кварцем со вкрапленностью барита и рудных минералов: антимонита, пирита, киновари и золота. Антимонит образует вкрапленность игольчатых кристалликов, реже розетки крупных кристаллов, часто замещённых валентинитом или кермеситом. Пирит выделяется в виде тонкой вкрапленности (< 0,5 мм) и характеризуется, по данным микросондового анализа, примесью Hg до 0,44 % и As до 1,56 %. Киноварь и золото установлены лишь в протолочках кварцитов. Золото преимущественно тонкое, пылевидное; по данным пробирного анализа, его содержание колеблется от 0,1 до 2,0 г/т. Пробность золота изменяется от 743 до 986 ‰. Анализом на микросонде в его составе установлены Ag до 25,45 %, Hg до 1,4 % и Cu до 0,09 %. Изучение флюидных включений в кварце из кварцитов показало, что формирование кварцевых жил с антимонитом, пиритом, киноварью и ртутистым золотом происходило при температуре 150–175 °С (см. табл. 3) и весьма низких давлениях.

Промежуточная и Южная зоны имеют более ограниченные масштабы, представлены также телами кварцитов мощностью в первые метры и протягиваются на сотни метров в ВСВ направлении. Они характеризуются слабым развитием сульфидной минерализации, представленной лишь редкой вкрапленностью кубиков пирита. Золото установлено только в шлихах и протолочках (до 10 · n знаков). Золото низкопробное – 738–764 ‰.

В целом рудопроявление Унэгэн-Дэл отличается от вышерассмотренных золоторудных объектов Олон-Овоотского рудного узла. Оно может быть отнесено к золото-ртутному типу, на что указывает ряд признаков: низкие температуры минералообразования ($T < 180$ °С); минеральный состав руд, представленный мышьяк- и ртутьсодержащим пиритом, антимонитом, киноварью, баритом и ртутистым золотом; своеобразный тип гидротермального изменения вмещающих пород, выражающийся в аргиллизации пород и их окварцевании.



Проведённые исследования дают основание выделить два типа золотого оруденения в Олон-Овоотском рудном узле: 1) золото-сульфидно-кварцевое, к которому относится большинство изученных месторождений; 2) эпitherмальное золото-ртутное, установленное на месторождении Унэгэн-Дэл. Золото-сульфидно-кварцевое оруденение, по данным изучения газовой-жидких включений в кварцевых жилах, характеризуется достаточно высокими температурами образования (340–170 °С), повышенными концентрациями рудообразующих растворов (до 11,7 мас. %) и присутствием высокоплотной фазы углекислоты во флюидных включениях. По данным криометрических исследований и раман-спектроскопии, газовая фаза представлена $\text{CO}_2 > \text{CH}_4 > \text{N}_2$. Гомогенизация CO_2 во флюидных включениях происходит в жидкую фазу при 14–31 °С. Давления, рассчитанные по углекислотным и углекислотно-водным включениям, составляют 0,6–1,1 кбар. Среди солевых компонентов, судя по температурам эвтектики, преобладают NaCl и CaCl_2 . Золото-ртутное оруденение установлено в аргиллитизированных песчано-сланцевых отложениях, окварцованных известняках, кварцитах и кварц-карбонатных породах, развивающихся по серпентинитам. Эти породы содержат тонкую вкрапленность пирита, марказита, арсенопирита, киновари, антимонита, барита и тонкодисперсного золота. Золото имеет пробность 743–982 ‰ и характеризуется повышенным содержанием ртути (до 1,402 мас. %). Физико-химические условия формирования золото-ртутного оруденения отличаются более низкими температурами образования 150–175 °С и меньшими концентрациями рудообразующих растворов (5,1–2,6 мас. %). Во флюидных включениях минералов руд фаза высокоплотной углекислоты не установлена, что указывает на низкие давления и, наряду с широким развитием в рудах халцедона, барита, ртутьсодержащих минералов, свидетельствует о близкповерхностных условиях формирования и о сходстве их с месторождениями типа Карлин.

В 100 км к востоку от Олон-Овоотского золоторудного месторождения выделяется Да-

янгарский рудный район, примыкающий к урочищу Даянгар. Район сложен в основном терригенными отложениями (песчаники, сланцы) нижнего девона и эффузивами основного и кислого состава в южной его части. По северному борту урочища Даянгар и его продолжению к западу и востоку проявлена мощная зона рассланцевания и милонитизации пород, к которой приурочены крупные кварцевые жилы, сложенные массивным молочно-белым кварцем с редкой вкрапленностью серицита, калишпата и пирита. Наиболее широкое их развитие установлено на участке Даянгар.

Участок Даянгар представлен мощной (до 16 м) и протяжённой (1200 м) кварцевой жилой, залегающей среди интенсивно рассланцованных терригенных пород нижнего девона, представленных в основном сланцами с прослоями песчаников. Кварцевая жила имеет линзовидную форму и залегает согласно сланцеванию пород субмеридионального простирания. Её мощность составляет 0,5–1 м на восточном фланге, около 16 м в центре и 0,5 м на западе через 1200 м. Сложена жила массивным крупнокристаллическим кварцем, интенсивно брекчирована и местами сильно ожелезнена. Жила пересечена множеством секущих крутопадающих жил и прожилков субмеридионального простирания, которые часто содержат пирит, галенит, халькопирит и сульфосоли свинца. Анализ протолок по простиранию жилы (через 100–200 м) выявил самородное золото размером от пылевидного до 1 мм. По данным пробирного анализа 24 бороздовых проб, отобранных по четырём профилям по простиранию жилы, содержания золота составляют от 0,03 до 88,9 г/т (среднее 9,6 г/т; табл. 4). Распределение золота в жиле крайне неравномерное. Более обогащённые золотом интервалы расположены в центральной части жилы с мощностью более 10 м, характеризующейся большим развитием поздних кварцевых прожилков с сульфидной минерализацией и гидроокислами железа. Золото в виде тончайших выделений неправильной формы отмечается в кварце, а также в виде плёнок и тонкой вкрапленности в агрегате гидроокис-

Таблица 4. Содержания золота в бороздовых пробах участка Даянгар

Table 4. Gold contents in channel samples of the Dayangar site

Номер профиля	Номер пробы	Длина борозды, м	Содержание Au (г/т), пробирный анализ	Содержание самородного Au в тяжелой фракции пробы	
				знаки	пыль
D-2	D-2/1	1,0	14,3	1	> 100
D-3	D-3/1	1,0	0,21	1	2
	D-3/2	1,0	16,5	3	> 200
	D-3/3	1,0	6,05	-	> 100
	D-3/4	1,0	27,9	-	> 100
	D-3/5	1,0	10,6	2	> 20
	D-3/6	1,0	0,27	3	
D-6	D-6/1	1,0	0,23	-	-
	D-6/2	1,0	0,08	-	6
	D-6/3	1,0	1,60	3	> 20
	D-6/1A	1,0	88,9	> 100	> 100
	D-6/4	1,0	0,05	-	4
	D-6/5	1,0	0,1	-	> 10
	D-6/6	1,0	0,07	-	> 12
	D-6/7	1,0	2,8	-	> 10
	D-6/8	1,0	1,04	-	1
	D-6/9	1,0	0,04	-	1
	D-6/10	1,0	0,04	-	-
D-6/11	0,5	0,03	-	-	
D-7A	D-7A/0	1,0	0,09	-	> 20
	D-7A/1	1,0	0,13	2	> 20
	D-7A/2	1,0	0,07	2	> 20
	D-7A/3	1,0	40,2	1	> 5
	D-7A/4	1,0	0,08	-	2

лов железа. Пробность золота, по данным микронного анализа, изменяется от 740 до 994 ‰, но высокопробное золото коррелирует с выделениями лимонита, что указывает на его преобразование в гипергенных условиях. Первичное золото с пробностью 740–870 ‰ встречается довольно редко и приурочено к участкам жилы с развитием поздних прожилков кварц-карбонат-сульфидного состава. В составе этого золота содержание Ag составляет до 25,9 %. Температуры образования рудоносных кварц-карбонатных жил, по данным изучения флюидных включений, составляют

250–175 °С, а концентрация рудообразующих растворов не превышает 6,4 % экв. NaCl.

Также, на востоке Южно-Гобийского золоторудного пояса вблизи сомона Манлай выделен *Манлайский рудный район*, характеризующийся широким развитием целого ряда проявлений золото-кварцевого, золото-ртутного и сурьмяно-ртутного типов и шлиховых ореолов золота [5, 7, 13]. Проведённые исследования показали, что наибольшие перспективы обнаружения промышленных золотоносных проявлений в этом районе связаны с Хараноянской зоной рассланцевания, приуроченной



к Хараноянскому разлому. Она характеризуется широким развитием гидротермального изменения пород и кварцево-жильной минерализации. Вмещающие породы представлены алевролитами, песчаниками, конгломератами, порфиритами и линзовидными телами железистых кварцитов. В пределах этой зоны наибольшие перспективы связаны с контурами шлиховых ореолов золота и киновари и развитием метасоматитов.

На западе Южно-Монгольской металлогенической провинции выделяются медно-полиметаллический Барун-Хурайский пояс, включающий ряд рудных узлов и групп рудопроявлений меди и полиметаллов с повышенными содержаниями золота и серебра. Протяженность пояса более 300 км, а ширина от 70 до 150 км. В целом Барун-Хурайский металлогенический пояс имеет полиметаллическую специализацию, а проявления меднорудной формации здесь играют подчиненную роль. На юго-западе Барун-Хурайского пояса выявлено три типа золотого оруденения:

1. зоны пиритизации с кварц-карбонатными прожилками в вулканогенно-осадочных толщах и риолитах. Измененные кварц-серпичитовые риолиты содержат пиритовую минерализацию и невысокие (до 1 г/т) концентрации золота. Однако большие масштабы их развития определяют перспективы поиска в них кондиционных руд;

2. зоны штокверковой кварц-пиритовой минерализации среди слабоизмененных терригенных и вулканогенных пород. Они развиты в экзоконтактах гранитоидных массивов и представлены зонами окварцевания и ожелезнения пород с содержанием Au до первых г/т. Этот тип руд характеризуется золото-теллуридной специализацией;

3. золото-медь-кварцево-жильный тип минерализации.

Золото-медно-порфировое оруденение. Наиболее существенный потенциал по золоту в Южной Монголии представляют месторождения золото-медно-порфирового и медно-молибден-порфирового типов, приуроченные к Гурвансайханскому островодужному террейну (см. рис. 1). По данным [6], место-

рождения порфирового типа сформировались в двух различных тектонических условиях, соответствующих: 1) началу островодужной истории Гурвансайханского террейна, связанной с позднедевонским временем, и 2) условиям коллизии-субдукции, происшедшей в раннекаменноугольный период. С позднедевонским островодужным этапом коррелируют месторождения Оюу-Толгой, Цаган-Субурга, а с раннекаменноугольным коллизионно-субдукционным периодом – месторождения Хармагтай, Шутээн и Оюут-Улаан.

Наиболее богатыми по содержанию золота являются золото-медно-порфировые месторождения, выявленные на самом юге Монголии в 650 км от г. Улан-Батор и в 80 км от границы с Китаем. Здесь, в Южно-Гобийском пустынном районе, выделен Оюу-Толгойский рудный район, включающий крупные по запасам меди и золота золото-медно-(молибден)-порфировые месторождения. В 160 км на северо-восток от него расположен Хармагтайский рудный район с золото-медно-порфировыми месторождениями, среди которых наибольший интерес представляет Хармагтайское месторождение, известное как рудопроявление еще с 1970-х годов.

Оюу-Толгойский рудный район (рис. 3, 4) представляет собой узкий, линейный минерализованный участок длиной 25 км, который, по данным [26], является частью металлогенического пояса, простирающегося на север-северо-восток в пределах Гурвансайханского островодужного террейна. Рудное поле Оюу-Толгой площадью 12 × 1 км, расположенное на юго-западе этого рудного района, включает шесть отдельных месторождений, расположенных в следующей последовательности с севера на юг: Хюго Дамметт Северный, Хюго Дамметт Южный, Центральный Оюу, Южный Оюу, Юго-Западный Оюу и Херуга (см. рис. 3, 4). В настоящее время на этих объектах британо-австралийский концерн Rio Tinto проводит детальную глубинную разведку и частичную отработку как открытым, так и подземным способами.

Разрез рудного поля в нижней части представлен девонскими отложениями, на кото-

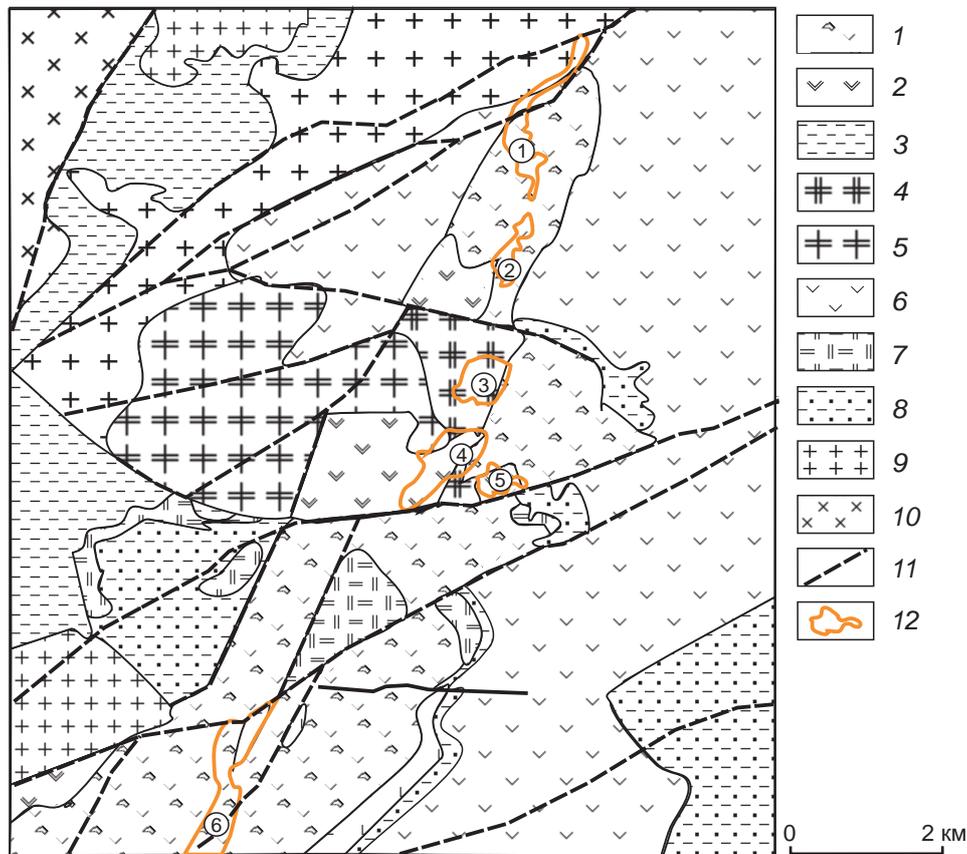


Рис. 3. Геологическая схема Оюу-Толгойского рудного района:

1–5 – верхнедевонские отложения и интрузивные образования (D_3): *1* – базальтовая брекчия, *2* – порфировый авгитовый базальт, *3* – алевропелитовая осадочная порода, *4* – кварцевый монцодиорит, *5* – кварцевый монцодиорит изменённый; *6–10* – каменноугольные отложения и интрузивные образования: *6* – базальт (C_1), *7* – андезит-дацитовый туф, *8* – алевропесчаник (C_1), *9* – мелко-среднезернистый гранодиорит (C_{1-2}), *10* – среднезернистый гранодиорит (C_{1-2}); *11* – разломы; *12* – контуры рудных месторождений: *1* – Хюго Дамметт Северный, *2* – Хюго Дамметт Южный, *3* – Центральный Оюу, *4* – Южный Оюу, *5* – Юго-Западный Оюу, *6* – Херуга

Fig. 3. Schematic geological map of the Oyu Tolgoi ore region:

1–5 – Upper Devonian deposits and intrusive formations (D_3): *1* – basaltic breccia, *2* – porphyritic augite basalt, *3* – aleuopelite sedimentary rock, *4* – quartz monzodiorite, *5* – altered quartz monzodiorite; *6–10* – Carboniferous deposits and intrusive formations: *6* – basalt (C_1), *7* – andesitic tuff, *8* – silty sandstone (C_1), *9* – fine to medium-grained granodiorite (C_{1-2}), *10* – medium-grained granodiorite (C_{1-2}); *11* – faults; *12* – outlines of the ore deposits: *1* – Hugo Dummett North, *2* – Hugo Dummett South, *3* – Central Oyu, *4* – Southern Oyu, *5* – Southwest Oyu, *6* – Heruga

рых несогласно лежит вулканогенно-осадочная толща карбона и нелитифицированные красные глины мелового возраста. В низах девонского разреза преобладают базальтовые лавы и меньше вулканокластические породы, несогласно перекрытые позднедевонскими (~ 370 млн лет) базальтовыми и дацитовыми

пирокластическими породами и вулканическими туфами, которые прорывают кварц-монцодиоритовые интрузии разной морфологии – от порфировых даек до более крупных штоков. Золото-медное оруденение Оюу-Толгой генетически и по времени образования связано с островодужными вулканоплутоническими

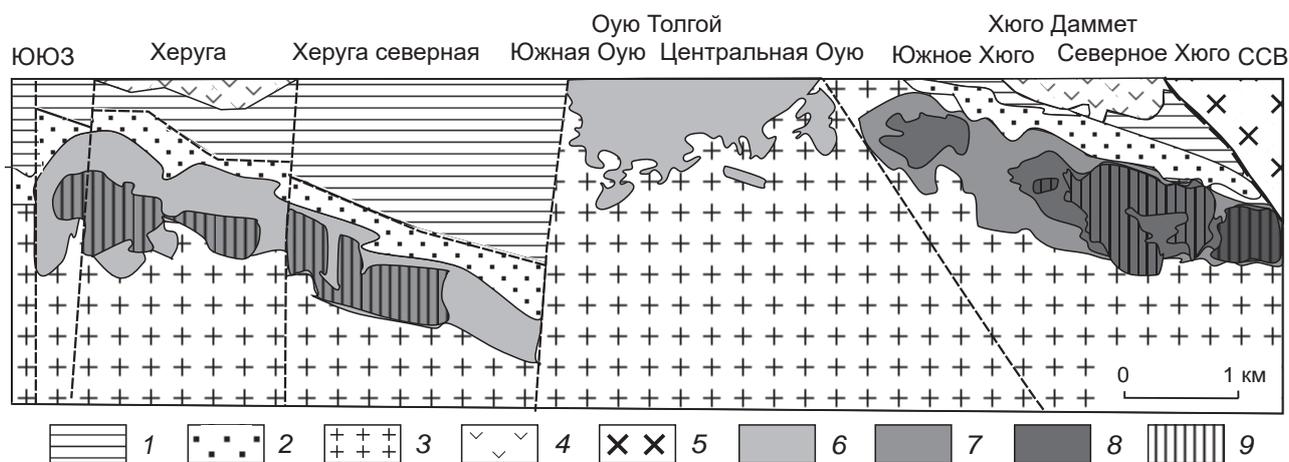


Рис. 4. Продольный разрез Оюу-Толгойского рудного поля:

1–3 – девонские образования (D_3): 1 – базальтовые вулканические туфы и осадочные породы, 2 – Оюу-Толгойская осадочная толща: сланцы, песчаники, 3 – кварцевые монцодиориты; 4, 5 – каменноугольные образования (C_{1-2}): 4 – базальтовые и дацитовые туфы и осадочные породы, 5 – гранодиориты; 6–9 – ореолы содержаний: 6 – $> 0,3\%$ Cu, 7 – $> 0,65\%$ Cu, 8 – $> 2\%$ Cu, 9 – > 1 г/т Au

Fig. 4. Longitudinal geological section of the Oyu Tolgoi ore field:

1–3 – Devonian formations (D_3): 1 – basaltic volcanic tuffs and sedimentary rocks, 2 – Oyu-Tolgoi sedimentary sequence: shales, sandstones, 3 – quartz monzodiorite; 4, 5 – Carboniferous formations (C_{1-2}): 4 – basaltic and dacitic tuffs and sedimentary rocks, 5 – granodiorite; 6–9 – grade shells: 6 – $> 0,3\%$ Cu, 7 – $> 0,65\%$ Cu, 8 – $> 2\%$ Cu, 9 – > 1 г/т Au

образованиями позднедевонского времени (~ 372–370 млн лет). Рудовмещающими породами преимущественно являются авгитовые базальты и в меньшей степени дацитовые пирокластические породы и кварц-монцодиориты. На площади рудного поля Оюу-Толгой развита сложная сеть складок и разломов, образовавшихся в позднедевонское и карбоновое время. Более ранние тектонические структуры определяли границы распространения оруденения, а поздние – изменяли форму рудных тел и влияли на перераспределение оруденения. Месторождения рудного поля содержат более 42 млн т меди и 1850 т золота и отнесены к крупным золото-медным (с молибденом) порфирировым месторождениям мирового уровня с достаточно высокими содержаниями основных элементов: Cu 0,85 %, Au 0,31 г/т и Ag 1,23 г/т.

В целом месторождения этого рудного поля можно рассматривать как типичные порфирировые месторождения, сформировавшиеся в условиях островных дуг [16, 17], однако ка-

ждое месторождение имеет свои особенности, в частности состав оруденения, рудовмещающих пород и гидротермально-метасоматических изменений.

Золото-медно-порфирировое оруденение рудного поля преимущественно прожилково-вкрапленное (штокверковое) с преобладающим развитием сульфидов – ковеллина, халькопирита, халькозина, борнита, дигенита, энаргита и в небольшом количестве теннантита и молибденита – и золота. Протяжённость рудных штокверков сотни метров (до 300–450 м), ширина от десятков метров до 150 м, вертикальный размах до 350 м. Около двух третьих меди связано с ковеллином. Золото образует мелкие и тонкие включения в пирите и халькопирите. Месторождение Центральный Оюу отличается чётким проявлением зон вторичного сульфидного обогащения с широким развитием ковеллина, борнита [14]. На месторождениях Херуга, Южный и Юго-Западный Оюу преобладают кварцевые прожилки с халькопиритом, борнитом и золотом в авгитовых ба-



зальтах и их вулканокластических аналогах. Здесь же часто отмечается выделение ранней калишпат-биотит-магнетитовой ассоциации. На Центральном Оюу и Хюго Дамметт сульфидная энаргит-халькозин-ковеллиновая минерализация ассоциирует с минералами интенсивной аргиллизации: пирофиллитом, каолинитом, алунитом, топазом, андалузитом и диккитом, которые накладываются на первичное золото-халькопирит-теннантитовое оруденение порфирирового типа.

Более подробно рассмотрим особенности развития оруденения на примере месторождения Центральный Оюу. Месторождение имеет в плане овально-округлую форму диаметром 600 м, а на вертикальном разрезе в виде конуса прослеживается на глубину около 800 м. Оруденение генетически связано с базальтами позднего девона и телами кварцевых монцодиоритов, образующих несколько фаз. О существовании нескольких фаз монцодиоритов свидетельствует то, что поздние тела содержат обломки ранних брекчированных тел и сульфидов, развитых в их цементе. На основе U-Pb датирования (по цирконам) установлено, что возраст оруденелых кварцевых монцодиоритов составляет 371 ± 1 млн лет, а возраст поздней фазы кварцевых монцодиоритов равен 362 ± 1 млн лет [24]. Также это подтверждается и данными по Re/Os датированию [18, 19]. Рудовмещающие авгитовые базальты и кварцевые монцодиориты сильно изменены и образуют зональное распределение метасоматитов. На нижних горизонтах месторождения развиты более высокотемпературные разности, представленные ранней калишпат-магнетит-биотитовой ассоциацией, включающей рудные парагенезисы: молибденит-пирит, теннантит-халькопирит-золото и сфалерит-галенит. Ассоциация имеет преимущественное распространение на южных и западных участках месторождения. Содержание золота в этих метасоматитах достигает 2 г/т. Мелкие включения золота и редко гессита (Ag_2Te) развиты в халькопирите и пирите. Размеры их выделений колеблются в пределах 1–20 мкм.

Выше по разрезу метасоматиты переходят к среднетемпературным и низкотемператур-

ным разностям, слагая среднюю и верхнюю зоны. Средняя зона включает серицит-иллит-хлоритовые метасоматиты с халькозин-(дигенит)-борнит-энаргитовым рудным парагенезисом. Она распространена фрагментарно по всему месторождению, иногда замещает ранние калишпат-биотит-магнетитовые метасоматиты, но преобладает на средних горизонтах. Это мелкозернистые агрегаты кварца и чешуек серицита часто с кварцевыми прожилками, замещающие первичные породы. Кварцевые прожилки имеют мощность от миллиметров до сантиметров, вытянутую форму с отчётливыми границами, центральные участки которых выполнены сульфидами или лимонитом. С верхней зоной, состоящей в основном из гипергенной ассоциации кварц-каолинит-алунит-пирофиллит, тесно ассоциирует штокверковое тело вторичного сульфидного обогащения мощностью до 450 м, сложенное пирит-ковеллин-халькозиновым парагенезисом, где содержание меди составляет 0,4–0,5 %. С этим телом связаны основные запасы меди месторождения Центральное Оюу. Здесь же установлены повышенные содержания золота (в среднем 0,6 г/т), серебра (2 г/т) и молибдена (0,01 %). Изотопные данные для пирофиллита на Центральном Оюу имеют значения для δD от 104 до 106 ‰ и $\delta^{18}O$ от 10,4 до 10,9 ‰, что указывает на то, что данный пирофиллит сформировался из магматических флюидов с участием компонентов метеорных вод и имеет температуру образования на Центральном Оюу около 300 °С.

В общем виде зональность гидротермально-метасоматических образований на месторождении Центральный Оюу, сформировавшаяся при гидротермальном изменении рудовмещающих пород, представлена сменой снизу вверх ранней высокотемпературной биотит-калишпат-магнетитовой ассоциации с золото-халькопиритовым рудным парагенезисом на серицит-иллит-хлоритовые изменения с борнит-энаргит-дигенитовым парагенезисом (средний этап). Затем при падении температуры гидротермальных растворов и изменении их кислотности развивается низкотемпературная аргиллизация с халькозин-ковеллиновым парагенезисом. По периферии месторождения



преобладают альбит-актинолитовые или альбит-эпидот-хлорит-карбонатные изменения без оруденения (пропилит), образующиеся при участии флюидов низкой кислотности.

Главные рудовмещающие породы – авгитовые базальты и кварцевые монцодиориты ранней фазы – сильно изменены, что затрудняет выявление их первичных геохимических признаков. Для выявления первичных петрохимических особенностей этих пород Жаргалжав Гомбожавын использовал программы GDA и MINPET2 [2, 3]. По данным его работ, на диаграммах соотношения Th/Yb к Ta/Yb эти породы попадают в поле известково-щелочной серии магматических пород и имеют характеристики пород океанических островных дуг с высоким содержанием калия. Это также доказывается сравнительной их обогащённостью крупноионными литофильными элементами, такими как K, Rb, Ba, и низкими содержаниями высокозарядных малоподвижных элементов (Ta, Nb и Ti). Все эти данные показывают, что рудовмещающие магматические породы месторождения Центральный Оюу относятся к высококалийным известково-щелочным разностям, которые образовались в условиях субдукции океанической островной дуги, как и другие рудовмещающие комплексы рудного поля Оюу-Толгой и комплексы пород Гурвансайханского террейна. Связь золоторудных гидротермальных месторождений с щелочной магмой также показана в работах [21, 23], авторы которых определили, что с 3 % щелочных пород, развитых в Тихоокеанском поясе, ассоциируют 70 % порфировых и эпитермальных месторождений. Д. Мюллер с соавторами [21] отмечали, что щелочные породы, ассоциирующие с золото-медными порфировыми и эпитермальными проявлениями золота, характеризуются высоким содержанием галогенов, особенно Cl, что способствовало экстракции Au и Cu из расплавов и концентрации их в соляных водных флюидах, освобождающихся из магмы и в дальнейшем формировавших оруденение.

На северо-востоке от Оюу-Толгойского месторождения выявлены слабозолотоносные медно-молибден-порфировые образования: месторождение Цаган-Субурга и рудопроявле-

ния Северо-Восточное, Южное, Новое и другие, образующие Цаган-Субургинский рудный узел. Рудный узел приурочен к блоку девонских пород, большую часть которого занимает сиенит-гранит-диоритовый Цаган-Субургинский массив, с которым связано оруденение. Месторождение Цаган-Субурга локализовано в северо-западном эндоконтакте массива в пределах северо-восточной тектонической зоны. Рудная минерализация залегает среди граносиенитов и сиенит-диоритов, с которыми связана генетически. Ar-Ar возраст рудовмещающей интрузивной породы месторождения составляет $364,9 \pm 3,5$ млн лет [20], а Re-Os возраст молибденита – $370,4 \pm 0,8$ млн лет [25] и отвечает началу островодужной истории Гурвансайханского террейна, проявившейся в позднедевонское время. Оруденение месторождения образует рудный штокверк, сложенный сочетанием кварц-сульфидных и кварц-серицит-сульфидных прожилков, выполняющих преимущественно зоны трещиноватости северо-восточного и северо-западного простирания. Рудные штокверки развиты на площади 100×300 м и прослежены на глубину до 600 м. Общая протяжённость прожилково-вкрапленной зоны месторождения около 1600 м при ширине от 60 до 400 м. В ходе геологоразведочных работ выявлено пять рудных тел, сложенных преимущественно медной и реже полиметаллической минерализацией. Основным рудным минералом месторождения является халькопирит, в небольшом количестве установлены борнит, пирит, молибденит и редко сфалерит и галенит. Халькопирит выделяется в виде тонких прожилков, вкраплений, частично в виде жил вместе с кварцем и мусковитом. Борнит имеет подчинённое развитие и обычно ассоциирует с халькозином. Молибденит развит совместно с халькопиритом в кварцевой жиле. Среднее содержание меди в руде составляет 0,54 %, молибдена – 0,19 %. Содержание золота, по результатам металлургических испытаний руды, составляют 0,08 г/т, серебра – 2,0 г/т.

Хармагтайский рудный район с одноимённым золото-медно-порфировым месторождением и рядом рудопроявлений выделен в пределах Гурвансайханского террейна в 160 км

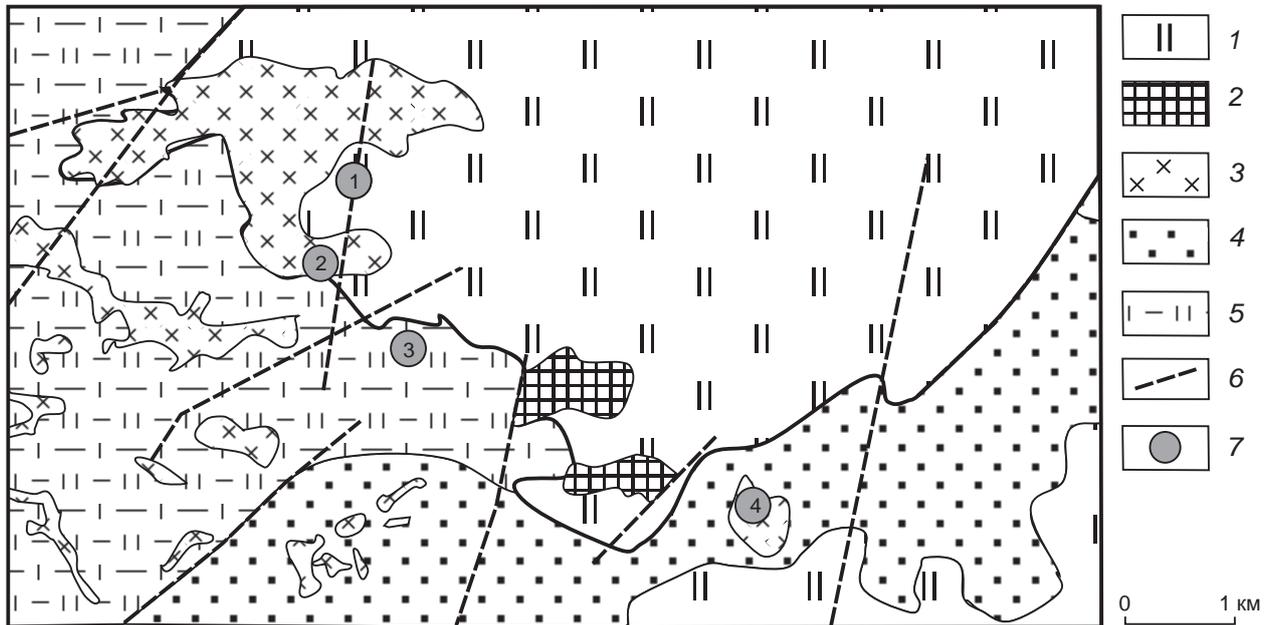


Рис. 5. Геологическая схема Хармагтайского рудного района:

1 – четвертичные отложения; каменноугольные образования (C_1): 2 – турмалиновая брекчия, 3 – диориты и монцодиориты; девонские образования: 4 – вулканокластические песчаники (D_3), 5 – вулканогенно-осадочные породы; 6 – разломы; 7 – месторождения рудного поля Хармагтай: 1 – Алтан-Толгой (Стокворк-Хилл), 2 – Цагаан-Судал (Вайт-Хилл), 3 – Засен-Уул (Коппер-Хилл), 4 – Чунт

Fig. 5. Schematic geological map of the Kharmagtai ore district:

1 – Quaternary deposits; Carboniferous formations: 2 – tourmaline breccia (C_1), 3 – diorites and monzodiorites (C_1); Devonian formations: 4 – volcanoclastic sandstones (D_3), 5 – volcanosedimentary rocks; 6 – faults; 7 – ore deposits of the Kharmagtai ore field: 1 – Altan Tolgoi (Stockwork Hill), 2 – Tsagaan Sudal (White Hill), 3 – Zasen Uul (Copper Hill), 4 – Chunt

на северо-восток от месторождения Оюу-Толгой (рис. 5). В геологическом строении Хармагтайского района выделяются девонские вулканогенно-осадочные отложения, включающие алеврито-песчанистые разности и вулканокластические породы с фрагментами базальтовых и андезитовых лав, а также кислые пепловые кристаллические туфы и туфогенные породы. Все эти образования прорваны высококалиевыми известково-щелочными интрузивными породами Хармагтайского магматического комплекса, образующими в плане субэллиптическое тело длиной 6 км и шириной 2 км с простиранием с северо-запада на юго-восток. В пределах рудного поля установлена следующая последовательность внедрения интрузивных фаз: диорит, диорит-порфир, монцодиорит, кварц-диорит, кварц-диоритовые

и андезитовые дайки. Возраст этих образований оценивается, по Re-Os определению, от $330,2 \pm 1,0$ до 297 млн лет [19].

Золото-медно-порфировое оруденение Хармагтайского рудного района имеет многостадийное образование и связано с внедрением различных фаз Хармагтайского интрузивного комплекса. Минерализованные зоны сконцентрированы преимущественно внутри и вокруг тел порфирового типа и образуют в пределах рудного поля обособленные участки концентрации золото-медной минерализации. К ним относятся Алтан-Толгой, Цагаан-Судал, Засен-Уул и Чунт, которые расположены в радиусе 700 м друг от друга. Все эти участки выделяются магнитными максимумами и характеризуются развитием гидротермально-изменённых пород. В настоящее



время в процессе геологоразведочных работ глубоких горизонтов этих участков, проводимых компанией *Xanadu Mines Ltd*, они получили англоязычные названия: Алтан-Толгой – Стокворк-Хилл, Цагаан-Судал – Уайт-Хилл, а Засен-Уул – Коппер-Хилл. По предварительным данным компании, ресурсы рудного поля оцениваются в 1,1 млрд т руды, 37 млн т меди и 1,3 тыс. т золота. Основными минералами, представляющими экономический интерес на всех месторождениях Хармагтайского рудного поля, являются халькопирит, борнит и самородное золото. Кроме того, в виде примеси установлены халькозин, пирит, молибденит, теллуриды Au, гематит, магнетит, кубанит, арсенопирит, сфалерит, теннантит и тетраэдрит. Золото часто выделяется в сростании с халькопиритом, пиритом и борнитом и образует в них мелкие и тонкие включения. В пределах Хармагтайского рудного поля выделено три основных типа минерализации: 1) порфировое штокверковое золото-медное оруденение; 2) золото-медная минерализация турмалиновой брекчии; 3) обособленная борнитовая минерализация. Все типы оруденения в разных количествах проявлены на всех участках рудного поля, и на все типы накладывается более поздняя эпitherмальная минерализация.

На каждом выделенном месторождении выявлен свой структурный контроль оруденения и своя специфика минерального состава. Как правило, рудная золото-медная прожилково-вкрапленная минерализация сопровождается развитием гидротермально изменённых пород: слабой калишпатизацией, окварцеванием, эпидотизацией, хлоритизацией, реже серицитизацией и местами турмалинизацией. По взаимоотношению рудной минерализации с интрузивными телами установлено, что основная часть медной минерализации связана с ранними интрузиями кварцевых диоритов и образует ранние кварц-халькопирит-пиритовые жилы, на которые накладываются более поздние жилы халькопирит-пирит-борнитового состава, синхронно с которыми образуются гидротермальные турмалиновые брекчии с теми же сульфидами в цементе и вы-

сокими содержаниями Cu и Au. В масштабах отдельных месторождений сульфидная минерализация имеет зональное распределение и представлена в основном богатым борнитовым ядром, которое к периферии сменяется богатым халькопиритовым оруденением и далее внешней пиритовой минерализацией. Такая зональность предположительно связана с падением температуры рудного процесса и дефицитом меди на заключительной его стадии. Зональность отчётливо проявлена на южной штокверковой зоне участка Стокворк-Хилл и месторождении Коппер-Хилл. На других месторождениях отмечается ограниченное количество борнита, что может указывать на то, что выявленные части месторождений являются верхними частями оруденения, а большая его часть – борнитовое ядро – ещё не вскрыта. Повышенные содержания золота в рудах тесно связаны с медными минералами, и отношение золота к меди возрастает от ранних образований к поздним и в среднем составляет 1 % Cu = 1 г/т Au в ранних рудах, 1 % Cu = 2 г/т Au в поздних жилах и 1 % Cu = 3 г/т Au в борнитовой зоне [19]. Завершает рудный процесс на Хармагтае эпitherмальная стадия, которая состоит из кварц-карбонатных жил с полиметаллической минерализацией, наложенных на все типы пород, и медного оруденения. По составу это обычно кварц-сидерит-кальцитовые жилы мощностью от 10 см до 2 м, содержащие вкрапленность пирита, халькопирита, галенита и сфалерита. Жилы часто содержат до 50–100 г/т Au, хотя в силу их небольшого масштаба они имеют малый экономический интерес.

К юго-западу от месторождения Хармагтай выявлено рудопроявление Шутээн, оруденелые зоны которого связаны с вулканоплутоническим карбоновым (321 ± 9 млн лет) комплексом кольцевой структуры. Минерализация медно-сульфидного типа установлена на нескольких участках порфировых интрузий и указывает на медно-порфировый тип. Современный уровень эрозии в Шутээне относительно неглубокий, и выявленная минерализация представляет собой, по-видимому, верхнюю часть медно-порфирового месторож-



дения [12], что предполагает возможное развитие промышленного оруденения порфиروهого типа на глубине.

Выводы. Проведённые исследования металлогении золота Южной Монголии выявили его разнообразные типы и особенности их развития. Одной из потенциально важных структур этого региона является Южно-Гобийский золоторудный пояс, протягивающийся в субширотном направлении почти на 1000 км. В его пределах выделяется несколько золоторудных и потенциально золоторудных районов, наиболее значимые из которых: Оюу-Толгойский, Хармагтайский, Олон-Овоотский, Даянгарский, Манлайский и Цаган-Субургинский.

Олон-Овоотский рудный район, расположенный в восточной части Южно-Гобийского пояса в пределах Мандал-Овоотского террейна, характеризуется развитием разновозрастной гидротермально-метасоматической золоторудной минерализации разных типов. В пределах рудного узла выявлены золоторудные проявления золото-сульфидно-кварцевого типа Олон-Овоот, Хуримт-Худук, Итгел и эпитеpmальная золото-ртутная минерализация, проявленная на месторождении Унэгэн-Дэл. Наиболее крупный золоторудный объект в данном рудном узле – месторождение Олон-Овоот, золотое оруденение которого связано с кварцевыми жилами. К востоку от Олон-Овоотского района выявлены золоторудные кварцево-жильные проявления, образующие Даянгарский рудный район, и золото-ртутные и сурьмяно-ртутные проявления, выделенные в Манлайский рудный район. Эти проявления пока мало изучены, и для оценки их промышленной значимости требуются дополнительные исследования.

На западе Южно-Монгольской металлогенической провинции выделяются медно-полиметаллический Барун-Хурайский пояс и ряд разрозненных групп рудопроявлений меди и полиметаллов с повышенными содержаниями золота и серебра. Протяжённость пояса более 300 км, а ширина от 70 до 150 км. Здесь выявлено три типа золотого оруденения: 1) зоны пиритизации с кварц-карбонатными прожилками в вулканогенно-осадочных толщах

и риолитах с содержаниями Au до 1 г/т; 2) зоны штокверковой кварц-пиритовой минерализации, развитые в экзоконтактах гранитоидных массивов, с содержанием Au до первых г/т; 3) золото-медно-кварцево-жильный тип минерализации. Детальных исследований этих образований не проводилось, и их перспективы пока не оценены.

Наибольший потенциал по запасам золота в Южной Монголии представляют месторождения золото-медно-порфиروهого типа, приуроченные к Гурвансайханскому островодужному террейну и выделенные в Оюу-Толгойский и Хармагтайский рудные районы. В Оюу-Толгойском рудном районе, расположенном на самом юге Монголии в 80 км от границы с Китаем, выделяется рудное поле Оюу-Толгой площадью 12×1 км, вытянутое в юго-западном направлении, которое включает семь отдельных месторождений мирового уровня с 42 млн т меди и 1850 т золота и достаточно высокими их содержаниями: Cu – 0,85 %, Au – 0,31 г/т и Ag – 1,23 г/т. В целом золото-медно-порфиروهое оруденение рудного поля имеет прожилково-вкрапленное (штокверковое) выделение с преобладающим развитием сульфидов – халькопирита, халькозина, борнита, ковеллина, дигенита, энаргита и в небольшом количестве теннантита, молибденита – и золота. Протяжённость рудных штокверков сотни метров, ширина от десятков до сотен метров, вертикальный размах более 350 м. Оруденение генетически связано с несколькими фазами кварцевых монцодиоритов (80 %) и щелочными базальтами позднего девона, которые образовались в условиях субдукции океанической островной дуги в позднедевонское время. Возраст, по данным U/Pb датирования цирконов из оруденелых монцодиоритов, составляет 371 ± 1 млн лет.

К востоку от Оюу-Толгойского района выделен Цаган-Субургинский рудный узел с месторождением молибден-медно-порфиروهого типа Цаган-Субурга и рядом рудопроявлений, залегающих среди девонских граносиенитов и сиенито-диоритов. В отличие от месторождений Оюу-Толгойского района, руды этих образований характеризуются невысоким содер-



жанием золота: по результатам металлургических испытаний руды, оно составляет 0,08 г/т, а серебра – 2 г/т. Основной рудный минерал месторождения – халькопирит, в небольших количествах содержатся борнит, пирит, молибденит.

Более перспективными на золото являются золото-медно-порфировые месторождения Хармагтайского рудного района, расположенного в 160 км на северо-восток от месторождения Оюу-Толгой. Основное золото-медно-порфировое оруденение сосредоточено в Хармагтайском рудном поле и связано с порфировыми системами, проявившимися при внедрении различных фаз интрузивного магматизма Хармагтайского магматического комплекса [19], возраст которого оценивается от $330,2 \pm 1,0$ до 297 млн лет. Оруденение обра-

зует в пределах рудного поля четыре участка с концентрированным его развитием, прогнозные ресурсы которых, по предварительным данным компании Xanadu Mines Ltd, оцениваются в 1,1 млрд т руды, 37 млн т меди и 1,3 тыс. т золота. Повышенные содержания золота, тесно связанного с халькопиритом, и его концентрации увеличиваются в более поздних образованиях.

В целом Южно-Монгольская металлогенная провинция является одной из богатейших в мире по запасам рудного золота. Наибольшую значимость в этом регионе представляют золото-медно-порфировые месторождения, развитые в Оюу-Толгойском и Хармагтайском рудных районах.

Список литературы

1. Амантов В. А., Благодрагов В. А., Борзаковский Ю. А., Дуранте М. В., Зоненшайн Л. П., Лувсанданзан Б., Матросов П. С., Суетенко О. Д., Филиппова И. Б., Хасин Р. А. Основные черты стратиграфии палеозоя Монгольской Народной Республики / Стратиграфия и тектоника Монгольской Народной Республики. Труды совместной Советско-Монгольской геологической экспедиции. Вып. 1. – М.: Наука, 1970. – С. 8–63.
2. Жаргалжав Гомбожавын. Руды и метасоматиты золото-медного месторождения Центральный Оюу (Южная Монголия): автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. – Иркутск, 2009. – 24 с.
3. Жаргалжав Гомбожавын, Имантс Кавалериес. Золото-медное месторождение Центральный Оюу. Южная Гоби, Монголия // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. – 2006. – № 3 (29). – С. 15–21.
4. Задорожный М. В., Зольников И. Д., Глушкова Н. В. Детальное геологическое картографирование Олон-Овоотского золоторудного узла (Южная Монголия) на основе дешифрирования космоснимков среднего и высокого пространственного разрешения // Исследование земли из космоса. – 2019. – № 5. – С. 59–71.
5. Зайцев П. С., Лувсанданзан Б., Меннер В. В., Павлова Т. Г., Пейве А. В., Тимофеев П. П., Томортоогоо О., Яншин А. Л. Магматизм и металлогения Монгольской народной республики / Труды Совместной советско-монгольской научно-исследовательской геологической экспедиции. Вып. 4. – М.: Наука, 1971. – 158 с.
6. Коваленко В. И., Ярмолук В. В. Эволюция магматизма в структурах Монголии / Эволюция геологических процессов и металлогения Монголии. Труды Совместной советско-монгольской научно-исследовательской геологической экспедиции. Вып. 49. – М.: Наука, 1990. – С. 23–54.
7. Кузнецов В. А. Некоторые вопросы металлогении Монголии и закономерности размещения эпitherмального оруденения, связанного с мезозойской активизацией / Геология и магматизм Монголии. Труды Совместной советско-монгольской научно-исследовательской геологической экспедиции. Вып. 30. – М.: Наука, 1979. – С. 68–77.
8. Маринов Н. А., Зоненшайн Л. П., Благодрагов В. А. Магматизм, метаморфизм, тектоника / Геология Монгольской народной республики. Т. 2. – М.: Недра, 1973. – 782 с.
9. Ярмолук В. В., Коваленко В. И., Сальникова Е. Б., Ковач В. П., Козловский А. М., Котов А. Б., Лебедев В. И. Геохронология магматических пород

- и специфика формирования позднепалеозойской Южно-Монгольской активной окраины Сибирского континента // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2008. – Т. 16, № 2. – С. 59–80.
10. *Badarch G., Cunningham W. D., Windley B. F.* A new terrane subdivision for Mongolia: implications for the Phanerozoic crustal growth of Central Asia // *Journal of Asian Earth Sciences*. – 2002. – V. 21. – P. 87–110.
 11. *Bayarjargal B., Kelty T., Tseveendorj B., Gankhuu G.* The Olon Ovoot orogenic gold deposit, Southern Mongolia: structural and stable isotope constraints / 2014 GSA Annual Meeting in Vancouver, British Columbia, October 2014. – P. 19–22.
 12. *Bignall G., Batkhishig B., Tsuchiya N., Delgertsogt B.* The Shuteen Cu-Au porphyry deposit / Seltmann R., Gerel O., Kirwin D. J. (Eds). *Geodynamics and Metallogeny of Mongolia with a special Emphasis on Copper and Gold Deposits*. IAGOD Guidebook Series 11. – London, 2005. – P. 216–221.
 13. *Dejidmaa G.* Mineral resources and metallogenic belts in Southern Mongolia / Seltmann R., Gerel O., Kirwin D. J. (Eds). *Geodynamics and Metallogeny of Mongolia with a special Emphasis on Copper and Gold Deposits*. IAGOD Guidebook Series 11. – London, 2005. – P. 149–153.
 14. *Gombojav Jargaljav, Kavalieris Imants.* The Au-Cu deposit Central Oyu, South Gobi, Mongolia // *Proceedings of the Siberian department of Russian Academy of Natural Sciences*. – 2006. – No. 3. – P. 15–21.
 15. *Enkhjargal B. and Jargalan S.* Porphyry copper deposits in South Mongolia // *Journal of the Society of Resource Geology*. – 2016. – V. 66 (3). – P. 135–146.
 16. *Khashgerel B.-E., Kavalieris I., Hayashi K. I.* Mineralogy, textures, and wholerock geochemistry of advanced argillic alteration: Hugo Dummett porphyry Cu-Au deposit, Oyu Tolgoi mineral district, Mongolia // *Mineralium Deposita*. – 2008. – V. 43. – P. 913–932.
 17. *Khashgerel B.-E., Rye R. O., Hedenquist J. W., Kavalieris I.* Geology and reconnaissance isotope study of the Oyu Tolgoi porphyry Cu-Au system, South Gobi, Mongolia // *Economic Geology*. – 2006. – V. 101, No 3. – P. 503–522.
 18. *Kirwin D. J., Forster C. N., Kavalieris I., Crane D., Orssich C., Panther C., Garamjav D., Munkhbat T. O., Niislelkhoo G.* The Oyu Tolgoi copper-gold porphyry deposits, South Gobi, Mongolia / Seltmann R., Gerel O., Kirwin D. J. (Eds). *Geodynamics and Metallogeny of Mongolia with a special Emphasis on Copper and Gold Deposits*. IAGOD Guidebook Series 11. – London, 2005. – P. 155–168.
 19. *Kirwin D. J., Wilson C. C., Turmagnai D., Wolfe R.* Exploration history, geology and mineralization of the Kharmagtai gold-copper porphyry district, South Gobi region, Mongolia / Seltmann R., Gerel O., Kirwin D. J. (Eds). *Geodynamics and Metallogeny of Mongolia with a special Emphasis on Copper and Gold Deposits*. IAGOD Guidebook Series 11. – London, 2005. – P. 175–191.
 20. *Lamb M. A. and Cox D.* New Ar-Ar age data for porphyry copper deposits and host rock of Mongolia // *Economic Geology*. – 1998. – V. 93. – P. 524–526.
 21. *Mueller D., Franz L., Herzig P. M., Hunt S.* Potassic igneous rocks from the vicinity of epithermal gold mineralization, Linir Island, Papua New Guinea // *Lithosphere*. – 2001. – V. 57, No. 2–3. – P. 163–186.
 22. *Sarantuya O., Nakanishi T., Yonezu K., Tindell T., Boyce A., Watanabe K., and Sereenen J.* Ore mineralogy, and fluid inclusion and stable isotope study of the Olon Ovoot gold deposit, Southern Mongolia / Abstracts and oral/poster presentations from SEG 2017: Ore Deposits of Asia: China and Beyond held in Beijing, China, 2017.
 23. *Sillitoe R. H.* Porphyry copper systems // *Economic Geology*. – 2010. – V. 105. – P. 3–41.
 24. *Wainwright A. J.* Volcanostratigraphic Framework and Magmatic Evolution of the Oyu Tolgoi Porphyry Cu-Au District, South Mongolia. Unpublished PhD thesis. University of British Columbia, Vancouver, Canada, 2008. – 277 p.
 25. *Watanabe Y. and Stein H.* Re-Os ages for Erdenet and Tsagaan Suvurga porphyry Cu-Mo deposits, Mongolia, and tectonic implications // *Economic Geology*. – 2000. – V. 95. – P. 1537–1542.
 26. *Yakubchuk A., Degtyarev K., Maslennikov V., Wurst A., Stekhin A., Lobanov K.* Tectonomagmatic settings, architecture, and metallogeny of the Central Asian Copper Province / Hedenquist J. W., Harris M., Camus F. (Eds.). *Geology and Genesis of Major Copper Deposits and Districts of the World, A Tribute to Richard H. Sillitoe*. – Society of Economic Geologists, 2012. – V. 16, Spec. Publ. – P. 403–432.



References

1. Amantov V. A., Blagonravov V. A., Borzakovskii Yu. A., Durante M. V., Zonenshain L. P., Luvsandanzan B., Matrosov P. S., Suetenko O. D., Filippova I. B., Khasin R. A. Osnovnye cherty stratigrafii paleozoya Mongol'skoi Narodnoi Respubliki [Main features of the paleozoic stratigraphy of the Mongolian People's Republic], *Stratigrafiya i tektonika Mongol'skoi Narodnoi Respubliki. Trudy sovme-stnoi Sovetsko-Mongol'skoi geologicheskoi ekspeditsii. Vypusk 1* [Stratigraphy and tectonics of the Mongolian People's Republic. Proceedings of the joint Soviet-Mongolian geological expedition. Issue 1], Moscow, Nauka Publ., 1970, pp. 8–63.
2. Zhargalzhav Gombozhavyn. Rudy i metasomatity zoloto-mednogo mestorozhdeniya Tsentral'nyi Oyuu (Yuzhnaya Mongoliya) : avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoi stepeni kandidata geologo-mineralogicheskikh nauk [Ores and metasomatites of the Central Oyu gold-copper deposit (Southern Mongolia): abstract of a dissertation for the degree of candidate of geological and mineralogical sciences], Irkutsk, 2009, 24 p.
3. Zhargalzhav Gombozhavyn, Imants Kavaleries. Zoloto-mednoe mestorozhdenie Tsentral'nyi Oyuu. Yuzhnaya Gobi, Mongoliya [Central Oyu gold-copper deposit. South Gobi, Mongolia], *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya sektsii nauk o Zemle RAEN. Geologiya, poiski i razvedka rudnykh mestorozhdenii* [Bulletin of the Siberian Branch of the Earth Sciences Section of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Prospecting and Exploration of Ore Deposits], 2006, No 3 (29), pp. 15–21. (In Russ.)
4. Zadorozhnyi M. V., Zol'nikov I. D., Glushkova N. V. Detal'noe geologicheskoe kartografirovanie Olon-Ovootskogo zolotorudnogo uzla (Yuzhnaya Mongoliya) na osnove deshifirovaniya kosmosnimkov srednego i vysokogo prostranstvennogo razresheniya [Detailed geological mapping of the Olon-Ovoot gold ore cluster (Southern Mongolia) based on interpretation of medium and high spatial resolution space images], *Issledovanie zemli iz kosmosa* [Earth Exploration from Space], 2019, No 5, pp. 59–71. (In Russ.)
5. Zaitsev P. S., Luvsandanzan B., Menner V. V., Pavlova T. G., Peive A. V., Timofeev P. P., Tomortpogoo O., Yanshin A. L. Magmatizm i metallogeniya Mongol'skoi narodnoi respubliki. Trudy Sovmestnoi sovetsko-mongol'skoi nauchno-issledovatel'skoi geologicheskoi ekspeditsii. Vypusk 4 [Magmatism and metallogeny of the Mongolian People's Republic. Proceedings of the joint Soviet-Mongolian geological expedition. Issue 4], Moscow, Nauka Publ., 1971, 158 p.
6. Kovalenko V. I., Yarmolyuk V. V. Evolyutsiya magmatizma v strukturakh Mongolii [Evolution of magmatism in the structures of Mongolia], *Evolyutsiya geologicheskikh protsessov i metallogeniya Mongolii. Trudy Sovmestnoi sovetsko-mongol'skoi nauchno-issledovatel'skoi geologicheskoi ekspeditsii. Vypusk 49* [Evolution of geological processes and metallogeny of Mongolia. Proceedings of the joint Soviet-Mongolian geological expedition. Issue 49], Moscow, Nauka Publ., 1990, pp. 23–54.
7. Kuznetsov V. A. Nekotorye voprosy metallogenii Mongolii i zakonomernosti razmeshcheniya epitermal'nogo orudneniya, svyazannogo s mezozoiskoi aktivizatsiei [Some issues of metallogeny of Mongolia and patterns of distribution of epithermal mineralization associated with Mesozoic activation], *Geologiya i magmatizm Mongolii. Trudy Sovmestnoi sovetsko-mongol'skoi nauchno-issledovatel'skoi geologicheskoi ekspeditsii. Vypusk 30* [Geology and magmatism of Mongolia. Proceedings of joint Soviet-Mongolian geological expedition. Issue 30], Moscow, Nauka Publ., 1979, pp. 68–77.
8. Marinov N. A., Zonenshain L. P., Blagonravov V. A. Magmatizm, metamorfizm, tektonika [Magmatism, metamorphism, tectonics], *Geologiya Mongol'skoi narodnoi respubliki. T. 2* [Geology of the Mongolian People's Republic. V. 2], Moscow, Nedra Publ., 1973, 782 p.
9. Yarmolyuk V. V., Kovalenko V. I., Sal'nikova E. B., Kovach V. P., Kozlovskii A. M., Kotov A. B., Lebedev V. I. Geokhronologiya magmaticheskikh porod i spetsifika formirovaniya pozdnepaleozoiskoi Yuzhno-Mongol'skoi aktivnoi okrainy Sibirskogo kontinenta [Geochronology of igneous rocks and the specificity of the formation of the late Paleozoic South Mongolian active margin of the Siberian continent], *Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya* [Stratigraphy. Geological Correlation], 2008, V. 16, No 2, pp. 59–80. (In Russ.)
10. Badarch G., Cunningham W. D., Windley B. F. A new terrane subdivision for Mongolia: implications for the Phanerozoic crustal growth of Central Asia, *Journal of Asian Earth Sciences*, 2002, V. 21, pp. 87–110.
11. Bayarjargal B., Kelty T., Tseveendorj B., Gankhuu G. The Olon Ovoot orogenic gold deposit, Southern Mongolia: structural and stable isotope const-

- rants, 2014 GSA Annual Meeting in Vancouver, British Columbia, October 2014, pp. 19–22.
12. Bignall G., Batkhisig B., Tsuchiya N., Delgertsogt B. The Shuteen Cu-Au pophyry deposit, Geodynamics and Metallogeny of Mongolia with a special Emphasis on Copper and Gold Deposits. IAGOD Guidebook Series 11, London, 2005, pp. 216–221.
 13. Dejidmaa G. Mineral resources and metallogenic belts in Southern Mongolia, Geodynamics and Metallogeny of Mongolia with a special Emphasis on Copper and Gold Deposits. IAGOD Guidebook Series 11, London, 2005, pp. 149–153.
 14. Gombojav Jargaljav, Kavalieris Imants. The Au-Cu deposit Central Oyu, South Gobi, Mongolia, *Proceedings of the Siberian department of Russian Academy of Natural Sciences*, 2006, No 3, pp. 15–21.
 15. Enkhjargal B. and Jargalan S. Porphyry copper deposits in South Mongolia, *Journal of the Society of Resource Geology*, 2016, V. 66 (3), pp. 135–146.
 16. Khashgerel B. E., Kavalieris I., Hayashi K. I. Mineralogy, textures, and wholerock geochemistry of advanced argillic alteration: Hugo Dummett porphyry Cu-Au deposit, Oyu Tolgoi mineral district, Mongolia, *Mineralium Deposita*, 2008, V. 43, pp. 913–932.
 17. Khashgerel B.-E., Rye R. O., Hedenquist J. W., Kavalieris I. Geology and reconnaissance isotope study of the Oyu Tolgoi porphyry Cu-Au system, South Gobi, Mongolia, *Economic Geology*, 2006, V. 101, No 3, pp. 503–522.
 18. Kirwin D. J., Forster C. N., Kavalieris I., Crane D., Orssich C., Panther C., Garamjav D., Munkhbat T. O., Niislekhuu G. The Oyu Tolgoi copper-gold porphyry deposits, South Gobi, Mongolia, Geodynamics and Metallogeny of Mongolia with a special Emphasis on Copper and Gold Deposits. IAGOD Guidebook Series 11, London, 2005, pp. 155–168.
 19. Kirwin D. J., Wilson C. C., Turmagnai D., Wolfe R. Exploration history, geology and mineralization of the Kharmagtai gold-copper porphyry district, South Gobi region, Mongolia, Geodynamics and Metallogeny of Mongolia with a special Emphasis on Copper and Gold Deposits. IAGOD Guidebook Series 11, London, 2005, pp. 175–191.
 20. Lamb M. A. and Cox D. New Ar-Ar age data for porphyry copper deposits and host rock of Mongolia, *Economic Geology*, 1998, V. 93, pp. 524–526.
 21. Mueller D., Franz L., Herzig P. M., Hunt S. Potassic igneous rocks from the vicinity of epithermal gold mineralization, Linir Island, Papua New Guinea, *Lithosphere*, 2001, V. 57, No 2–3, pp. 163–186.
 22. Sarantuya O., Nakanishi T., Yonezu K., Tindell T., Boyce A., Watanabe K., and Sereenen J. Ore mineralogy, and fluid inclusion and stable isotope study of the Olon Ovoot gold deposit, Southern Mongolia, Abstracts and oral/poster presentations from SEG 2017: Ore Deposits of Asia: China and Beyond held in Beijing, China, 2017.
 23. Sillitoe R. H. Porphyry copper systems, *Economic Geology*, 2010, V. 105, pp. 3–41.
 24. Wainwright A. J. Volcanostratigraphic Framework and Magmatic Evolution of the Oyu Tolgoi Porphyry Cu-Au District, South Mongolia. Unpublished PhD thesis. University of British Columbia, Vancouver, Canada, 2008, 277 p.
 25. Watanabe Y. and Stein H. Re-Os ages for Erdenet and Tsagaan Suvurga porphyry Cu-Mo deposits, Mongolia, and tectonic implications, *Economic Geology*, 2000, V. 95, pp. 1537–1542.
 26. Yakubchuk A., Degtyarev K., Maslennikov V., Wurst A., Stekhin A., Lobanov K. Tectonomagmatic settings, architecture, and metallogeny of the Central Asian Copper Province, Geology and Genesis of Major Copper Deposits and Districts of the World, A Tribute to Richard H. Sillitoe, Society of Economic Geologists, 2012, V. 16, Spec. Publ., pp. 403–432.

Гаськов Иван Васильевич (gaskov@igm.nsc.ru)

ведущий научный сотрудник

Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, Россия