

БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ В УГЛЕРОДИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЮЖНОЙ ЧАСТИ АРАМИЛЬСКО-СУХТЕЛИНСКОЙ ЗОНЫ

Арамилско-Сухтелинская тектоническая мегазона расположена между Магнитогорской мегазоной и Восточно-Уральским поднятием. В ее пределах широко развиты в различной степени метаморфизованные углеродистые образования фтанит-базальтовой ассоциации (рис. 1).

На возраст и условия формирования данных образований существует несколько точек зрения. Наиболее детально рассматриваемой проблемой занимался В.Ф. Турбанов [1988 г.]. Согласно его построениям, Арамилско-Сухтелинская зона сложена фаунистически охарактеризованными отложениями уйско-увельской свиты, в составе которой выделяются (снизу вверх): большаковская (базальты, спилиты, вариолиты, микропорфириты базальтового состава, их туфы) — $S_{1l_{2-3}}$; соколовская (туфоалевролиты, туфопесчаники, сланцы углисто-кремнистые, прослои вулканитов базальтового состава) — S_{1l_3} ; булатовская (углисто-кремнистые и углисто-глинисто-кремнистые сланцы с прослоями туфоалевролитов, туфопесчаников) S_{1l_3-w} толщи. Согласно другим исследователям [Петров и др., 2002 г.], в пределах Арамилско-Сухтелинской зоны выделяется только одна нижнесилурийская булатовская толща в объеме ранее выделенных В.Ф. Турбановым трех толщ.

Углеродистые отложения, как известно, представляют собой весьма благоприятную геохимическую среду для первоначального накопления многих промышленно важных элементов. При определенных условиях, особенно в областях проявления зонального метаморфизма и тектонической активности, углеродистые породы могут сами служить источником металлов и концентрировать в себе крупные залежи золота, молибдена, вольфрама, ванадия, платины и других элементов.

В пределах Арамилско-Сухтелинской зоны известна лишь серия мелких месторождений и рудопроявлений золота, а также ряд геохимических аномалий.

Золото относится к числу наиболее изученных элементов-примесей черных сланцев. Это объясняется экономическим значением золоторудных месторождений, пространственно связанных с черными сланцами.

Кларковые содержания золота в черных сланцах мира, оцененные разными способами, составляют 0,008–0,01 г/т [Юдович, Кетрис, 1994]. Аномальными можно считать содержания, превышающие 0,02 г/т. Основным минералом — концентратом золота в породах черносланцевых толщ является пирит, несущий $(1-1360) \times 10^{-7} \%$ этого

элемента. Количество золота в углеродистом веществе разной степени метаморфизма обычно составляет 16–60% от суммарного его содержания в углеродистых породах [Юдович, Кетрис, 1994].

Золотоносность углеродистых образований в пределах описываемой площади впервые рассматривается в отчете Ильменогорского ГСО (1958–1963 г.). Геологами этого отряда было отобрано 615 проб на пробирный анализ из графитистых кварцито-сланцев игишской и сайтовской толщ. Из них в 193 пробах обнаружено весовое содержание золота. Наиболее высокие значения золота (1–3 г/т) показали пробы из скважин Яроткуловского профиля. Однако в достоверность этих результатов вносит сомнение тот факт, что контрольный анализ проб с высоким содержанием золота не подтвердил эти данные.

В дальнейшем, при проведении геологосъемочных работ [Турбанов, 1988 г.] было проанализировано более 400 проб золотоспектрометрическим методом и 30 — пробирным методом из углеродистых образований Арамилско-Сухтелинской структурно-формационной зоны, Приильменского комплекса и других соседних с ними площадей (рис. 2).

В результате опробования для фтанитов Арамилско-Сухтелинской зоны были получены золото-спектрометрическим методом следующие средние содержания золота: в районе д. Булатово — 0,01 г/т, для осветленных и темно-серых сланцев из карьера у д. Краснокаменка — 0,011 и 0,008 г/т соответственно, для углеродистых отложений в 2 км к ЮВ от д. Половинки — 0,015 г/т (осветленные) и 0,006 г/т (темно-серые). В кварцитах Ильменогорско-Сысертского блока в окрестности хребта Игиш содержания золота составили 0,005 г/т, около д. Верхние Караси — 0,006 г/т.

Более подробно следует остановиться на рассмотрении углисто-кремнистых сланцев, вскрытых в карьере у д. Половинки. В западной части карьера они темно-серые, в центральной и восточной частях — серые, светло-серые до белых. В центральной и восточной частях карьера вскрыты кварцбурожелезняковые жилы мощностью до 20 см. Бурые железняки пористые, с многочисленными пустотами выщелачивания, возможно, образовались за счет окисления сульфидов. По всем разновидностям пород были отобраны пробы на пробирный анализ [Турбанов, 1988 г.].

Получены следующие содержания:

1. Углисто-кремнистые сланцы темно-серые — 0,1 г/т;

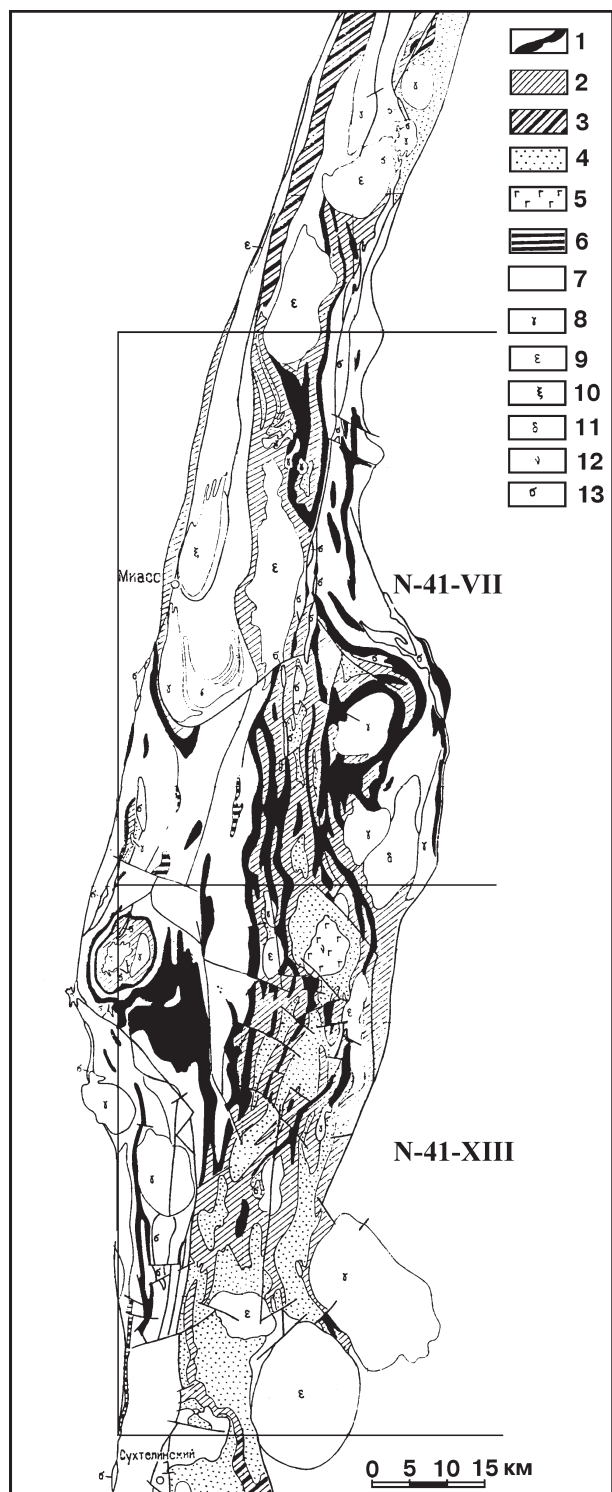


Рис. 1. Схема распространения фтанит-базальтовой ассоциации [Турбанов, 1988 г.]

Условные обозначения: 1–5 – образования фтанит-базальтовой ассоциации: 1 – толща фтанитов, содержание фтанитов 85–95%, 2 – слоистая толща, содержание фтанитов 10–30%, 3 – толща фтанитов и слоистая толща нерасчлененные, 4 – толща базальтов, 5 – габброиды, 6 – кремнистые сланцы мукасовской толщи. 7 – прочие стратифицированные образования; 8–13 – интрузивные породы: 8 – гранитоидные, 9 – субщелочные, 10 – щелочные, 11 – среднего состава, 12 – основного состава, 13 – ультрабазиты и связанные с ними базиты

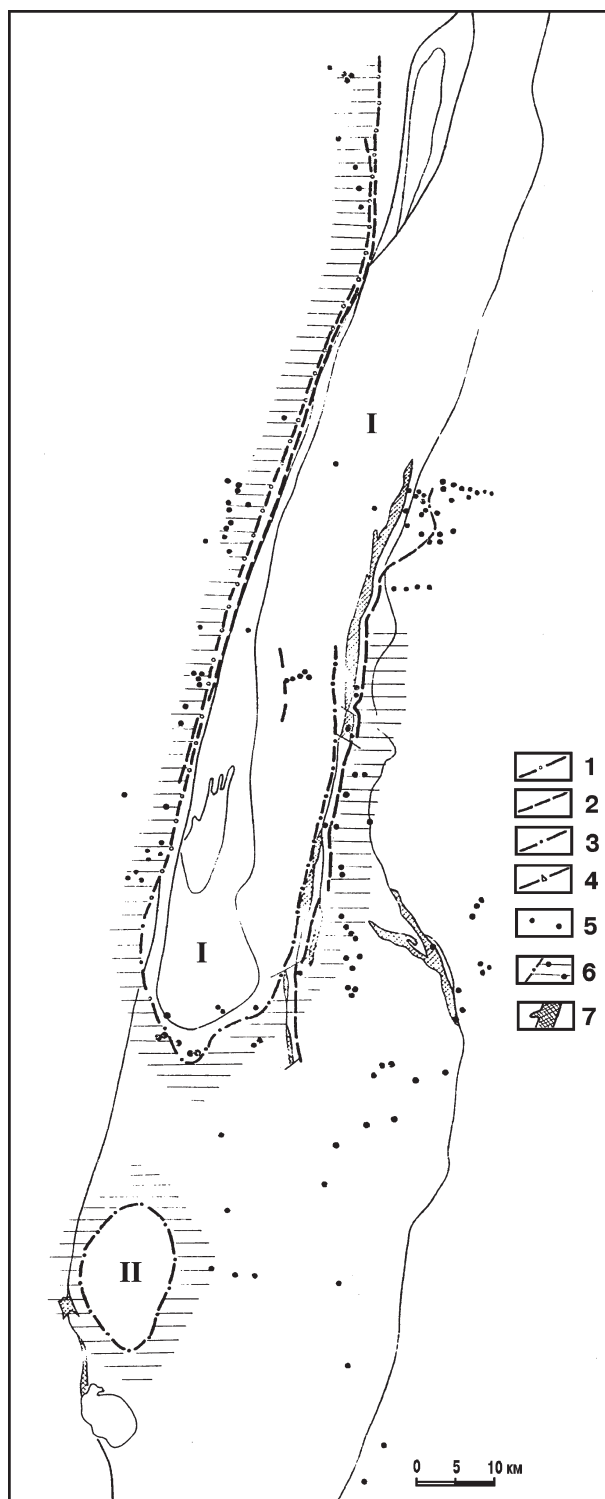


Рис. 2. Схема расположения зон ближайшего зеленосланцевого обрамления термальных структур, специализированных на золото [Турбанов, 1988 г.]

Условные обозначения: 1–4 – границы фаций эпидот-амфиболитовой и зеленых сланцев по: 1 – Б.М. Роненсон [1981 г.], 2 – В.Н. Юрецкий и др. [1982 г.], 3 – В.Ф. Турбанов, по материалам петрографических исследований [1988 г.], 4 – В.Ф. Турбанов, по данным термографических исследований [1988 г.], 5 – пункты с весовыми содержаниями золота, по литературным данным, 6 – зона ближайшего зеленосланцевого обрамления, специализированная на золото, 7 – ультрабазиты; I – Ильменогорско-Сысертский блок, II – Ларинский купол

2. Осветленные серые и светло-серые кремнистые сланцы — 0,33 г/т;

3. Светло-серые до белых кремнистые сланцы — 0,1 г/т;

4. Кварц-бурожелезняковые образования — 0,116 г/т;

5. Осветленные ожелезненные сланцы вблизи кварц-бурожелезняковых жил — 0,17 г/т.

В осветленных гидротермально проработанных сланцах содержания золота больше, чем в темных неизменных. Эта же закономерность прослеживается в данных по всем выборкам. В связи с этим осветление сланцев может служить поисковым признаком на золото.

В ходе проведения последней геологической съемки масштаба 1 : 200 000 [Моисеев и др., 2002 г.; Петров и др., 2001 г.] (рис. 1) нами совместно с ФГУГП «Челябинскгеолсъемка» были проанализированы черносланцевые отложения из различных структурно-формационных зон на этой площади. Анализ данных по золоту неизменных и слабоизмененных отложений (пробы анализировались нейтронно-активационным методом в ГЕОХИ, г. Москва) позволил нам выявить фоновые (первоначальные) содержания золота в пределах рассматриваемой территории. Из полученных данных (табл. 1, 2) были подсчитаны средние содержания, они составили для отложений Арамилско-Сухтелинской зоны 0,005 г/т, что согласуется с кларковыми содержаниями, а для кварцитов Ильменогорско-Сысертского блока (исключая обр. Ис–42/266 из табл. 1) — 0,015 г/т, что приближается к аномальным значениям.

Известно [Коробейников, 1985], что на начальных стадиях метаморфизма золото не теряет своей связи с органическим веществом. С повышением степени метаморфизма оно концентрируется в сульфидных минералах (пирит, арсенопирит и др.) и только с распадом сульфидов переходит в самородное состояние.

Нами был проанализирован в ИГЕМ (г. Москва) химико-спектральным методом ряд проб из сульфидизированных черносланцевых отложений Арамилско-Сухтелинской зоны и Ильменогорско-Сысертского блока (табл. 1 обр. Ис–42/266, табл. 3).

Все содержания золота в этих образцах явно превышают таковые в обычных (неизменных) черносланцевых отложениях (среднее содержание составляет 0,027 г/т), а в наиболее обогащенных пиритом интервалах достигают 0,78 г/т (обр. Ис–42/266).

В работах многочисленных исследователей [Коробейников, 1985] показано, что при процессах метасоматоза и сульфидизации происходит миграция золота. Однако наиболее отчетливо механизм концентрации золота проявлен при наложении на углеродсодержащие отложения более высоких степеней метаморфизма. В частности В.А. Буряком [1966] убедительно показана приуроченность золотосульфидной минерализации к определенным субфациям зеленосланцевой фации, которую он считает зоной осаждения золота, в то время как более высокотемпературные фации — зонами потенциального выноса. Зона с благоприятной обстановкой осаждения золота в пределах фации зеленых сланцев фиксируется в западном и восточ-

Таблица 1

Содержание Au в слабоизмененных черносланцевых отложениях Миасской площади (ГЕОХИ, нейтронно-активационный анализ)

№ п/п	№ пробы	Au, г/т	№ п/п	№ пробы	Au, г/т	№ п/п	№ пробы	Au, г/т
1	1353–1	0,01	14	2408	0,008	27	2438–2	0,009
2	2053	0,017	15	2411	0,011	28	2447	0,009
3	2138–11	0,014	16	2419–3	0,003	29	2457	0,008
4	2312–1	0,001	17	2420	0,014	30	7214	0,01
5	2362–1	0,004	18	2448	0,009	31	476–1	0,008
6	2363–2	0,04	19	7246–1	0,015	32	Ис–42/162	0,028
7	2373–3	0,004	20	7357	0,016	33	Ис–42/168	0,014
8	2373–22	0,009	21	Ми–98–12	0,007	34	Ис–42/255	0,063
9	2373–25	0,006	22	Ми–98–3	0,006	35	Ис–42/266	0,782
10	2402	0,01	23	2413	0,008	36	Ис–42/292	0,004
11	2405	0,011	24	2424–4	0,008	37	Ис–42/320	0,017
12	2406	0,009	25	2433	0,005			
13	2406–5	0,007	26	2438–1	0,011			

Примечание: номера 1–23 — углеродистые и углеродисто-глинистые сланцы Арамилско-Сухтелинской зоны: 1 — д. Непряхино; 2, 22 — д. Куянбаево; 3 — с. Кулуево; 4 — карьер Грязный лог южнее Соболевской заимки; 5 — д. Байгазина; 6 — с. Ларино; 7–9, 12–15 — д. Уштаганка; 10, 11 — д. Крыжановка; 16, 17 — д. Малково; 18 — д. В. Караси; 19 — д. Мельниково; 21–23 — д. Тимир; 24–37 — углеродистые кварциты Ильменогорско-Сысертского блока: 24 — южнее оз. Чебаркуль; 25 — п. Саитово; 26–28 — оз. Теренкуль; 29 — д. Халитова; 30 — между Уфимским трактом и с. Черновское; 31 — оз. Б. Миассово; 32–37 — с. Кундравы (скв. № 42).

Таблица 2

**Содержание благородных металлов в слабоизмененных черносланцевых отложениях
Миасской площади (ГЕОХИ, нейтронно-активационный анализ)**

№ п/п	№ пробы	Au, г/т	Ag, г/т	Pt, мг/т	Os, мг/т	Ir, мг/т	Ru, мг/т
1	Ми-98-3	0,007	0,064	1,20	0,16	0,20	1,02
2	Ми-98-12	0,001	0,001	0,22	0,02	0,02	0,31
3	Ми-98-25	0,001	0,002	0,21	<0,01	0,01	0,09
4	Ми-98-47	0,004	0,125	0,90	<0,02	0,05	7,33
5	Ми-98-97	0,005	0,033	0,29	0,18	0,34	9,21
6	Ми-98-105	0,001	0,018	0,14	0,02	0,02	0,52
7	Ми-98-42/210	0,002	0,056	0,25	0,03	0,05	3,27
8	Ми-98-42/161	0,002	0,045	0,52	0,05	0,06	0,59

Примечание: номера 1–4 – углеродистые и углеродисто-глинистые сланцы Арамилско-Сухтелинской зоны; 1, 2, 3 – карьер около д. Тимир; 4 – южнее д. Сарафаново; 5–8 – углеродистые кварциты Ильменогорско-Сысертского блока; 5, 6 – к югу от п. Ларино; 7–8 – с. Кундравы (скв. № 42).

ном крыльях Ильменогорско-Сысертского блока вблизи с границей эпидот-амфиболовой фации повышенной концентрацией рудопроявлений и месторождений золота. Ширина этой зоны около 4–5 км.

Основываясь на этом, можно прогнозировать аналогичную зону в обрамлении Ларинского гнейсового купола (рис. 2). Уже первые результаты анализа сульфидизированных углеродсодержащих отложений восточного обрамления Ларинского купола на золото (табл. 5) показали очень высокие его содержания. Так, среднее содержание золота составляет 0,58 г/т, а отдельные определения достигают 3,6 и 4,9 г/т, что подтверждает правильность высказанных выше положений и позволяет рекомендовать эти территории для дальнейших поисковых работ на золото и элементы группы платины.

В пределах Пластовской площади (рис. 1, лист N–41–XIII) содержания золота в углеродистых отложениях в среднем составляют 0,15 г/т (максимальные до 0,34 г/т) (табл. 4, 5).

Платина. В последние десятилетия были открыты ранее неизвестные промышленные месторождения благородных металлов в черносланцевых комплексах, в которых совместно с основными промышленными компонентами (Au, Mo, V и т.д.) присутствуют металлы платиновой группы (Сухой Лог, Мурунтау, Кумтор, Наталкинское и др.). В пределах Урала изучением благородных металлов в углеродсодержащих черносланцевых толщах занимались Ю.А. Волченко и В.А. Коротеев [2000], М.В. Рыкус, В.И. Сначёв [2000] и другие исследователи. Так, Ю.А. Волченко с соавторами, обобщив

Таблица 3

**Содержание благородных металлов в сульфидизированных черных сланцах игишской толщи
(Миасская площадь) (ИГЕМ, химико-спектральный метод)**

№ п/п	№ пробы	Pt, г/т	Pd, г/т	Rh, г/т	Ir, г/т	Ru, г/т	Au, г/т	Ag, г/т
1	Ми-98-42/152	0,09	0,11	<0,02	<0,05	<0,02	0,04	2,7
2	Ми-98-42/230	0,07	0,03	<0,02	<0,05	<0,02	0,03	0,9
3	Ми-98-42/106	0,06	0,04	<0,02	<0,05	<0,02	0,05	2,7
4	Ми-98-42/188	0,04	0,09	<0,02	<0,05	<0,02	0,02	1,1
5	Ми-98-42/204	0,04	0,06	<0,02	<0,05	<0,02	0,03	1,7
6	Ми-98-42/227	0,09	0,14	<0,02	<0,05	<0,02	0,05	1,5
7	Ми-98-42/243	0,03	0,06	<0,02	<0,05	<0,02	0,02	2,7
8	Ми-98-42/250	0,04	0,02	<0,02	<0,05	<0,02	0,07	1,1
9	Ми-98-42/258	0,04	0,05	<0,02	<0,05	<0,02	0,02	2,3
10	Ми-98-42/264	0,04	0,05	<0,02	<0,05	<0,02	0,03	0,4
11	Ми-98-42/274	0,07	0,08	<0,02	<0,05	<0,02	0,03	1,9
12	Ми-98-42/282	0,02	0,04	<0,02	<0,05	<0,02	0,05	3,6
13	Ми-98-42/297	0,02	0,02	<0,02	<0,05	<0,02	0,02	1,1
14	Ми-98-42/302	0,05	0,08	<0,02	<0,05	<0,02	0,03	1,9
15	Ми-98-42/308	0,04	0,04	<0,02	<0,05	<0,02	0,02	0,9

Примечание: все анализы сделаны из черносланцевых отложений, расположенных около с. Кундравы (скв. № 42).

Содержание благородных металлов в измененных углеродистых отложениях Арамильско-Сухтелинской зоны (Пластовская площадь) (ИГЕМ, химико-спектральный метод)

№ п/п	№ пробы	Pt, г/т	Pd, г/т	Rh, г/т	Ir, г/т	Ru, г/т	Au, г/т
1	Пл-11070	–	0,02	–	–	–	0,18
2	Пл-176/1	0,03	0,03	–	–	–	0,19
3	Пл-227	–	0,02	–	–	–	0,18
4	Пл-2715	0,02	0,02	–	–	–	0,34
5	Пл-5402-3	–	0,01	–	–	–	0,1
6	Пл-5400-1	0,02	0,07	–	–	–	0,07
7	Пл-9057-1	–	0,06	–	–	–	0,09
8	Пл-185	–	0,03	–	–	–	0,13
9	Пл-257	–	0,02	–	–	–	0,05
10	Пл-5/5	0,03	0,05	–	–	–	н/опр.
11	Пл-5/6	–	0,01	–	–	–	н/опр.
12	Пл-5/7	–	0,02	–	–	–	н/опр.

Примечание: 1 – карьер около д. Новоусцелимово, 2, 5, 6 – карьер-расчистка на СЗ д. Никольское, 3 – разрез по правому берегу р. Бурля, 4 – в 3 км севернее п. Лесной, 7 – в 2 км к СВ от д. Кумляк, 8 – расчистка в 1,5 км к СЗ от д. Бирюковка, 9 – карьер к 3 от д. Лесное, 10–12 – карьер на северной окраине п. Восточный. Н/опр. – элемент не определялся, прочерк – содержания ниже чувствительности метода.

Результаты пробирного анализа сульфидизированных черносланцевых отложений восточного обрамления Ларинского купола (Пластовская площадь) (анализы выполнены в химической лаборатории ФГУП «Челябинскгеосъемка»)

№ п/п	№ пробы	Au, г/т	Ag, г/т	Название породы
1	9279-1	0,7	0,3	Углисто-хлоритовый сланец
2	9279-5	0,27	1,3	Углисто-хлоритовый сланец
3	9279-8	0,21	1,2	Углисто-хлоритовый сланец
4	9279-10	0,3	0,1	Углисто-хлоритовый сланец
5	9279-16	0,18	0,7	Углисто-хлоритовый сланец
6	9280	3,6	0,1	Углисто-хлоритовый сланец
7	9280-1	0,34	1,4	Углисто-хлоритовый сланец
8	9280-2	0,2	0,9	Углисто-хлоритовый сланец
9	9281	4,9	0,9	Углисто-амфибол-хлоритовый сланец
10	9281-1	0,21	1,3	Углисто-хлорит-серицитовый сланец
11	9281-2	0,2	1	Углисто-хлоритовый сланец
12	9285	0,1	0,01	Кварц-серицитовый сланец (порфиرويد)
13	9285-2	0,5	0,6	Кварц-серицитовый сланец (порфиرويد)
14	9285-3	0,1	0,3	Кварц-серицитовый сланец (порфиرويد)
15	9285-4	0,4	0,2	Кварц-серицитовый сланец (порфиرويد)
16	9286	0,3	1,2	Кварц-серицитовый сланец
17	9287	0,1	0,3	Кварц-серицитовый сланец
18	294	0,24	0,6	Углисто-кремнистый сланец
19	294-1	0,26	1,1	Углисто-кремнистый сланец
20	294-2	0,05	0,8	Углисто-кремнистый сланец
21	294-3	0,06	0,8	Углисто-кремнистый сланец
22	294-4	0,03	0,6	Углисто-кремнистый сланец
23	5401-1	0,1	0,01	Углисто-серицит-кремнистый сланец

данные порядка 200 проб из образований трех возрастных уровней (R_3 , O_{1-2} , O_3-S_1) преимущественно Среднего и Северного Урала, пришли к выводу, что региональный фон в них по Pt и Pd

составляет соответственно 13 и 17 мг/т, 17 и 15 мг/т, 14 и 25 мг/т. На отдельных участках с отчетливо проявленной сульфидизацией (участок Кокуйский) получено до 5 г/т Pd; 0,5 г/т Pt и 0,7 г/т Au.

Максимальные содержания платиноидов в углеродистых отложениях Южного Урала установлены М.В. Рыкусом и В.И. Сначёвым [2000] в метаморфически измененных черных сланцах (О–S) в бассейне рек Бетеря и Тупаргасс (зона Уралтау), где получены содержания Pt до 0,23 г/т, а Pd до 1,8 г/т. Средние же содержания ЭПГ в углеродистых отложениях, рассчитанных по 22 рудным районам Сибири, Казахстана и Урала, составляют [Коробейников, 1985]: Pt 5 мг/т, Pd 1–3 г/т, Ir 3 мг/т, Rh 4 мг/т.

Анализ неизмененных и слабоизмененных черносланцевых отложений Арамилско-Сухтелинской зоны (табл. 2) дал содержания от 0,21 до 1,2 мг/т при среднем — 0,63 мг/т. Для Ильменогорско-Сысертского блока — от 0,14 до 0,52 мг/т, среднее 0,3 мг/т. Эти содержания являются геохимическим фоном по платине для данных структурно-формационных зон.

В сульфидизированных углеродсодержащих породах Ильменогорско-Сысертского блока (табл. 3) высоких содержаний платиноидов также не отмечено: Pt в пределах 0,02–0,09 г/т, Pd — 0,02–0,14 г/т; Rh, Ir и Ru — ниже чувствительности метода анализа. Аналогичные данные были получены и для Пластовской площади, где содержания платины изменяются от 0,02 до 0,03 г/т, а палладия от 0,01 до 0,07 г/т при среднем 0,03 г/т (табл. 4). Наибольший интерес с точки зрения перспектив на элементы

группы платины представляет, как это ранее нами отмечено для золота, обрамление Ларинского купола.

Литература:

Буряк В.А. Генетические особенности золото-сульфидной минерализации центральной части Ленской золотоносной провинции // Вопросы генезиса и закономерности размещения золотого оруденения Дальнего Востока. М.: Наука. 1966. С. 66–100.

Волченко Ю.А., Коротеев В.А. Платинометальное оруденение палеоостроводужных комплексов Урала: платиноносные и палладиеносные пояса // Металлогения и геодинамика. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. С. 94–98

Коробейников А.Ф. Особенности распределения золота в породах черносланцевых формаций // Геохимия. 1985. № 12. С. 1747–1757.

Рыкус М.В., Сначёв В.И. Особенности палеозойского углеродистого осадконакопления Сысертско-Ильменогорской зоны Южного Урала // Осадочные бассейны: закономерности строения и эволюции, минерагения. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. С. 112–114.

Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Элементы-примеси в черных сланцах. Екатеринбург: УрО РАН, 1994. 304 с.