

УДК. 553.551.263 (575.2) (04)

**ЛИТОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ЧЕРНОСЛАНЦЕВОЙ ТОЛЩИ
СЕВЕРНОГО И СРЕДИННОГО ТЯНЬ-ШАНЯ**

О.Д. Кабаев – канд. геол.-мин. наук, проф.

Spatial and geo-chemical peculiarities of black-shale rock formations are considered. The potential rock bearing horizons of precious metals which deposition depends on paleo-facial conditions and on a degree of regional and local metamorphism are shown by the author.

Черносланцевая формация по вещественному составу и геолого-генетическим особенностям обладает специфическими и характерными рудными залежами. Наличие оруденения в них обусловлено сочетанием ряда общих благоприятных факторов, в частности, литологическим составом, фациальными условиями их образования, органическим углеродом и гаммой элементов-примесей в породах формации.

Перспективы черносланцевого типа оруденения давно ни у кого не вызывают сомнения. Интерес к этому типу оруденения возрастает в связи с комплексностью золото-редкометалльного оруденения и часто большого масштаба. На территории Кыргызстана распространены черносланцевые формации, в основном в верхнем протерозое ($R_3 - V$) в пределах Срединного, в отдельных фрагментах Южного и Северного Тянь-Шаня.

Породы этой формации характеризуются повышенным содержанием золота, серебра, металлов платиновой группы, вольфрама и других элементов. Площади их распространения прослеживаются геохимическими и шлиховыми аномалиями благородных и редких металлов.

В пределах черносланцевой формации джетымской свиты содержание золота, по данным нейтронно-активационного анализа, в углеродистых песчаниках, алевролитах составляет 0,005–0,013 г/т, в углеродистых алевролитистых, алевропесчанистых, серицит-хло-

ритизированных сланцах – 0,003–0,8 г/т, в углеродистых серицит-хлоритовых сланцах – 0,006–0,19, в серицит-хлоритовых – 0,04, в тиллоидах – 0,001–0,02 г/т (в среднем 0,008 г/т); в железистых кварцитах – 0,003, в углеродистых карбонат-серицитовых сланцах – 0,014, в углеродистых калькаренитах – 0,005–0,08, в углеродистых карбонатных и кремнисто-карбонатных породах – 0,008, в углеродисто-кремнистых сланцах – 0,05–0,3 г/т.

Серебро присутствует практически во всех типах пород и его содержание колеблется от 0,01 до 12–18 г/т, увеличиваясь от грубозернистых к тонкозернистым типам пород.

По данным радиохимического анализа, содержание золота в районе месторождения Кумтор в псаммитовых филлитах в среднем составляет 0,24 г/т, углеродисто-кремнистых сланцах – 0,29, алевропелитовых филлитах – 0,51, в тиллитах – 0,008, рудоносных углеродистых породах – 1–2 г/т. Концентрация селена и теллура, определенное химическим анализом, колеблется от 5 до 15 г/т, при глобальном кларке их в сланцах 0,5 г/т и 0,02 г/т соответственно, т.е. наблюдается отчетливая специализация рудовмещающих пород на селен и теллур. Статистические анализы по распределению золота и органического углерода показывают отчетливую корреляцию золота с органическим углеродом.

В бассейне р. Боорду-II и Боорду-I повышенные содержания рудных элементов характерны для карбонатных филлитов с кларком концентрации Ni – 400; Co – 700; V – 6; Cr – 5; Mo – 10; Si – 37,5; Pb – 3; Zn – 6; Sn – 8; Fe – 12; Au – 10.

В высокоуглеродистых разностях пород содержание золота увеличивается до 12 кларков. Такая же геохимическая специализация на указанные выше элементы карбонатных серицитизированных филлитов отмечена во фрагментах разрезов джетымской свиты на юго-западном участке месторождения Кумтор. Кларки концентрации этих элементов в данных типах пород колеблются от 2 до 700. При этом максимальные значения характерны для Ni – 400; Co – 200–700; Cu – 15–37,5. Содержание золота во всех типах пород повышенное, с максимумом в углеродисто-кремнистых и углеродисто-серицит-карбонатных сланцах (10–15 кларков).

Содержание золота и других элементов в породах джетымской свиты к юго-западу и на северо-восток от месторождения Кумтор меняется. В бассейне ручья Чомой (правый борт р.Ирташ) в составе колчеданных линз и вмещающих пород джетымской свиты отмечается субкларковый уровень содержания микроэлементов. Повышенные кларки концентрации характерны для пачки известковистых алевролитов (Ni – 35; Co – 50; V – 2; Cr – 1,3; Cu – 7,5; Zn – 1,5; Au – 1,7; Fe – 1,2) и известняков (Ni – 2; Co – 4; Cr – 1,0; Cu – 10; Fe – 9, 7; Au – 2,0), а в бассейне р.Курменты в яшмоидах с вкрапленностью пирита фиксированы Ni – 350; Cr – 400; V – 7,5; Cu – 40; Pb – 1; Zn – 3; Sn – 2; Fe – 2; Au – 3; в алевролитах Ni – 2; Co – 50; V – 7,5; Cu – 30; Zn – 4; Sn – 2; Fe – 5; Au – 2.

Как в Чомойском разрезе, так и Сарыджазском характерной особенностью является повышенная концентрация золота в известковистых алевролитах и известняках с вкрапленностью пирита.

На участке Муздуу-Суу в северной части Центрального блока месторождения [2] отмечены точки минерализации с различным содержанием золота, коррелирующим с такими элементами, как Sb, Cu, Bi, Pb, Zn, что указывает на неоднородный ореол или влияния на него геохимической специализации вмещаю-

щих отложений. Так, аномально высокое содержание золота (0,1–0,7 г/т) обнаружено в джакболотской свите, а в будинированных участках пород с наличием в них кварц-карбонатных жил – 3,5 г/т. В пределах 0,1–1,2 г/т золото фиксируется в зоне окварцевания на контакте пестрых алевролитов джетымской свиты.

В целом в рудовмещающих породах месторождения Кумтор, кроме золота, наблюдаются повышенные концентрации следующих элементов: Mn, Ag, Ti, Y, Mo, Pb, Cu, Sn, Sr, Ba, Au и W. На флангах месторождения постоянно регистрируются повышенные кларки концентрации золота и других элементов в известковых алевролитах, карбонатных, филлитах, углеродисто-кремнистых сланцах.

Распространение вольфрама по разрезам джетымской серии венда изучено в хр. Джетымтоо (Курменты-Туш-Айрек, Дангы-Туксу, Чирпыкты-Ардакты, Калмакашу, Арчалы), хр.Нарын-Тоо (Ирису, Чалкак, Караташ, Чакыр-Корум) и хр.Акшийрак (Карасай, Боорду, Сарытор, Ирташ).

В юго-восточном окончании хр.Акшийрак по правобережью р.Ирташ строение разреза джетымской свиты подобно кумторскому. Вольфрам определен лишь в 2,4% проб, а в остальных его содержание составляет 1 г/т. Повышенные концентрации вольфрама (5–12 г/т) отмечаются лишь в углистых известковых сланцах второй пачки (Vd₂V₁) кумторского типа разреза, в районе перевала Ишигарт и на правом борту р.Чомой.

Фрагменты кумторского типа разреза обнажаются в юго-западной оконечности Акшийракского хребта, в урочище Карасай. Кроме тиллоидов, здесь опробованы углистые известковистые сланцы, углисто-кремнистые сланцы и филлиты, 55% проб содержат 1 г/т вольфрама. В интервал от 2 до 4 г/т попадают около 30% проб, которые представлены в основном углистыми сланцами.

На южном склоне хр.Джетымтоо в бассейне р.Курменты и ее левого притока р.Тую-Айрек отложения джетымской свиты залегают на породах свиты Большого Нарына.

Разрезы джетымской свиты по обоим бортам р.Тую-Айрек идентичны – основная часть их представлена массивными тиллоидами с

прослоями и пачками рассланцованных слабоуглеродистых тиллоидов, углистых алевролитов. Матрикс тиллоидов в нижней половине преимущественно алевропсаммитовый; вверх по разрезу постепенно начинает преобладать алевролитовый и карбонатно-алевролитовый.

В верхней половине этого разреза среди тиллоидов выделяется своеобразная по составу пачка углистых высокожелезистых пород. Для углистых пород характерно наличие кварцевых образований, пестроокрашенных окислов. Расположение подобных пачек пород в разрезе джетымской свиты – в виде макролинз. Ассоциация, с одной стороны, колчеданных образований в яшмоидах, углеродистых пород с пиритовой минерализацией и, с другой, гематит-магнетитовых пород (алевросланцев, песчаников с большим количеством окисных соединений железа) указывает на переходный тип разрезов джетымской свиты от черносланцевых к железисто-кварцитовым. Западнее р.Курменты мощность и количество макролинз в разрезе джетымской свиты увеличивается. В составе их уже доминируют высокожелезистые породы.

Распределение вольфрама по разрезам тиллоидной толщи р.Туя-Айрек-Курменты дифференцированное. Содержание вольфрама (1 г/т) характерно для относительно однообразной нижней части разреза тиллоидов (Vd_{z1}) с массивными алевропсаммитовым и карбонатно-алевропсаммитовым матриксом, а также для частей разреза, содержащих макролинзы высокожелезистых пород. При сопоставлении разрезов видно, что все пробы с вольфрамом 2 г/т отобраны из верхней пачки (Vd_{z2}) джетымской свиты.

Изучение геохимических особенностей рудовмещающей джетымской свиты показало, что в зависимости от типа разреза происходит колебание основных статистических характеристик распределения микроэлементов относительно их кларковых содержаний в горных породах. Такие элементы, как Ni, Co, Cr, Mo, Cu, Pb, Sn, Y, Be, Ba присутствуют в большинстве разрезов в пределах колебаний кларка для разных типов осадочных пород. Причем минимальные их содержания характерны для разрезов по правобережью р.Ирташ, что точнее месторождения Кумтор. Сверхкларко-

вые содержания Ni, Co, Ti, Be присущи лишь кумторскому черносланцевому типу разреза. Непосредственно на месторождении Кумтор по разным типам пород наблюдаются следующие закономерности:

- псаммитовые филлиты отличаются близкими к средним содержаниями по всей джетымской свите концентрациями всех микроэлементов и низкой дисперсией колебания их значений; очень незначительно обогащены полиметаллической группой микроэлементов;

- алевро-карбонатные пелиты содержат 0,5 субкларка (относительно среднего содержания в изучаемой свите) золота, незначительно обогащены барием, свинцом и хромом;

- тиллоиды содержат до нескольких субкларков золота и, кроме того, обогащены висмутом, оловом и цинком;

- сильно углеродистые породы отличаются максимальными содержаниями золота (до десятков субкларков) и других рудных элементов (вольфрама, серы, висмута, серебра), но в то же время обеднены медью, цинком и барием. Элементы, содержащиеся в повышенных концентрациях, имеют большую дисперсию, а Ti, Zr, Zn, Li содержатся в большинстве разрезов ниже кларковых значений. Стронций находится во всех типах разрезов в повышенных количествах. Для разрезов Туя-Айрека, являющихся переходными между черносланцевыми и железорудными, характерно повышенное содержание Co, Cr, и Cu. Полученные данные подтверждают в общих чертах и дополняют подсчитанные ранее параметры распределения микроэлементов в породах джетымской свиты [3, 4].

По набору, характеру распределения элементов и комплексу ведущих элементов породы рудовмещающих джетымской свиты венда резко отличаются от черносланцевых толщ других геохронологических уровней. Многообразие же разрезов внутри рудовмещающей формации связано с накоплением осадков в изолированных бассейнах с различными фациальными обстановками, изменяющимся составом областей сноса и с поступлением некоторых элементов в бассейн осадконакопления с гидротермами по системам разломов. Для черносланцевых разрезов Кумторского рудного поля, учитывая тесную связь многих микро-

элементов с $C_{орг}$, характерна халькофильно-биофильная специализация. Западнее, через ряд переходных разрезов, специализация пород джетымской свиты изменяется на сидерофильную. В этом же направлении смена разрезов прослеживается и по изменению петрохимического состава пород.

Пространственно-временное распределение элементов на Кумторском рудном поле снизу по вертикали приведено в сводных разрезах. В разрезах закрашенные интервалы колонки обозначают рудоносные горизонты с прослоями, линзами и рассеянными вкрапленниками, прожилково – вкрапленниками пирита. Приурочены они к нижним и верхним микроритмам второго, третьего макроритма и верхним переходным зонам тиллитоподобных конгломератов. При этом максимальные концентрации золота связаны с углеродистыми пиритизированными алевролитами, серицит-карбонатными, серицит-хлоритовыми и алевролитовыми сланцами и калькаренидами начальных элементов микроритмов [1, 3].

Углеродисто-терригенно-карбонатная нерасчлененная формация (породы ашуайрыкской, джолколотской свиты) венда на золото и другие благородные элементы изучалась в хребтах Каракатты, Тескей Ала-Тоо.

Углеродистые породы ашуайрыкской свиты обладают наибольшим средним содержанием золота – 0,039 г/т при вариациях от 0,016 до 0,051 г/т, в углеродистых сланцах – от 0,012 до 0,14 г/т, в пиритизированных битуминозных доломитах – 0,04–0,009 г/т.

Высокая концентрация золота характерна также углеродисто-карбонатно-глинистым сланцам (до 0,038 г/т), углеродисто-кремнистым прослоям в известняках и доломитах (0,032 г/т), а в известняках с кремнистыми выделениями среднее содержание золота составляет 6,0 г/т, собственно карбонатных породах – 0,02 г/т, песчаниках и гравелитах – 0,018 г/т. Неравномерность распределения золота для различных градаций и фациальных разновидностей пород обусловлена содержанием органического углерода и пирита. Отмечаются увеличение содержаний золота в тонкослоистых глинистых доломитах с вкрапленностью пирита, находящихся между массивными доломитами и углеродистыми сланцами; причем при региональ-

ном и контактовом метаморфизме в них происходит перераспределение рудных элементов, в том числе золота и сульфидов.

Содержание золота и редкометаллических элементов в углеродистых черносланцевых толщах в хр. Тескей Ала-Тоо меньше, чем в таких же толщах хр. Каракатты, что обусловлено палеофаціальными условиями образования и уменьшением степени метаморфизма, несмотря на увеличение содержания углерода и пиритонности толщи.

В отложениях ашуайрыкской, джолколотской свиты снизу вверх по разрезу заметно увеличивается содержание золота. При этом в отложениях джолколотской свиты углеродистые породы встречаются редко среди глинисто-карбонатных сланцев, а содержание золота и редких металлов выше, чем для таких же пород ашуайрыкской свиты. В джолколотской свите средние концентрации золота таковы: в углеродистых сланцах – 0,0211 г/т, серицит-хлоритовых сланцах – 0,019, глинисто-карбонатных сланцах – 0,04, глинисто-алевритистых известняках – 0,005, кремнистых породах – 0,009 г/т. Здесь наряду с органическим углеродом важным сорбентом (концентратором) являются сульфиды, которые в черносланцевых толщах представлены пиритом.

Золотоносные пириты – это обычно рассеянно-вкрапленные, слоисто-вкрапленные, прожилково-вкрапленные выделения. Форма пирита самая различная: неправильная, в виде пентагондодекаэдров, кубов, линзовидных выделений и гнезд. Содержание золота во вкрапленном пирите колеблется от 0,017 до 1 г/т, что соответствует данным по пиритам из бесапанской свиты Кызыл-Кумов и из пород Бакырчика и других формаций. Из других рудных минералов в углеродистых породах встречается халькопирит, галенит, сфалерит, арсенипирит, а из аксессуарных – апатит, барит, циркон, магнетит. Самыми распространенными сульфидными минералами в отдельных толщах являются пирит, галенит и особенно сфалерит, содержание которого в тяжелой фракции протолочек достигает иногда 80%. Характерно, что названные сульфиды участвуют в образовании руд стратиформных месторождений и, в частности, Барскауна, и минерализованных зон, точек, которые тяготеют к описываемой углеродистой формации.

По результатам нейтронно-активационного анализа концентрации вольфрама в карбонатно-кремнистых породах достигают 9,8, в углеродистых сланцах – 6,0, в карбонатных породах – 3,1 кларка.

Углеродистая терригенно-карбонатная формация рифея, состоящая в основном из отложений ашуйрыкской свиты, геохимически специализирована на золото, полиметаллы и содержит в зонах расщепления золотоносные (до 1,5 г/т) сульфидно-кварцевые жилы.

Нерасчлененная углеродисто-вулканогенная формация нижнего рифея развита в хр. Тескей Ала-Тоо и является самой древней из изучавшихся на золото и редкие металлы формацией. В ее составе преобладают эффузивы и их пирокласты основного состава, но в верхней части разреза у границы с «важнейшей линией Тянь-Шаня» отмечаются кремнистые и карбонатно-кремнистые породы от зеленоватого до черного цвета, содержание углерода в которых составляет 0,06–0,62%.

Для формации характерно повышенное содержание золота, серебра и относительно вольфрама.

Содержание золота в формации колеблется от 0,016 до 0,038 г/т, в углеродисто-карбонатно-кремнистых породах с сульфидами в среднем – 0,022 г/т, в кремнистых, туфогенно-кремнистых толщах – от 0,017 до 0,04 г/т, в среднем – 0,02 г/т, в мраморизованных известняках и кремнистых породах – 0,007 г/т.

В данной формации обнаружено высокое содержание серебра, в среднем 4–6 г/т, особенно для кремнистых образований в мраморизованных известняках – 9 г/т, и в частности зеленоватых пиритизированных кремнистых породах – 25 г/т, в вулканических и карбонатных отложениях формации – в пределах кларка.

Вольфрам в отложениях формации находится относительно выше кларковых значений, исключением являются карбонатные породы. Наиболее высокая концентрация вольфрама в эффузивах и их пирокластах (16,1), биотитизированных туфогенно-кремнистых образованиях (10,2), зеленоватых кремнистых отложениях (от 3,4 до 19,2).

Углеродисто-кремнисто-карбонатная формация подробно изучена в различных районах Срединного Тянь-Шаня и имеет геохимиче-

скую специализацию на золото-редкометалльное оруденение. Распределение золота в типах пород формации зависит от фациального, структурного и стратиграфического положения, степени углеродистости и пиритизированности. В углеродисто-глинисто-кремнистых и углеродисто-кремнисто-пиритизированных породах концентрация золота достигает соответственно 0,04 г/т и 1,0 г/т, а в углеродисто-глинистых алевритистых пиритизированных известняках – 0,4 г/т, в стромалитовых – 0,09 г/т. Повышенное относительно кларка содержание золота в формации установлено в углеродистых 0,008, в три раза больше – 0,025 г/т в углеродисто-пиритизированных кремнях. Концентрация пирита в породах превышает 10%, составляя в среднем 1–3%, с содержанием золота – от 0,024 до 4,2 г/т. Серебро часто коррелирует со свинцом и органическим углеродом, концентрация его не превышает в толщах формации 0,1 г/т, а органического углерода – 1,3%.

В Таласо-Каратауской структурно-формационной зоне углеродисто-кремнисто-карбонатная формация представлена известняками, алевролитами, алевропесчаниками и серицит-глинистыми сланцами, кремнями серого и черного цвета и прослоями окварцованных доломитов, известняков чичканской свиты венда с мелкими прожилками серого мелкозернистого кварца. Золото-редкометалльная минерализация связана в основном с интенсивно окремненными породами свиты. В них, вне рудных тел, концентрация Au колеблется от 0,005 до 0,02, редко – 0,3 г/т; Ag – от 0,005 до 1,2 г/т; W – 0,002–0,005%; Bi – 0,0003–0,002%; Sn – 0,005–0,003%; As – 0,007–0,1%.

К рудоносным углеродистым окремненным толщам свиты приурочены рудные тела золотого оруденения Курган-1. В рудных телах оруденения Курган-1 содержания элементов находятся в интервале: А – 0,2–12 (редко 15,0) г/т; Ag – 0,7–10,0 г/т; W – 0,004–0,007%; Bi – 0,0003–0,007; Mo – 0,004–0,005%; Sn – 0,0005–0,005% [1–4]. Содержание золота в рудоносных горизонтах за пределами рудного поля и тел чичканской свиты не ниже 0,005 г/т.

Отложения муршашской, шорашуйской серии сложены автохтонными тиллоидами, песчаниками, алевролитами, сланцами и обнажаются на ограниченных площадях в севе-

ро-восточной части Чаткальской структурно-формационной зоны.

В разрезах выше тиллитоподобных конгломератов залегают мелкосреднезернистые песчаники с пиритом, далее вверх по разрезу песчаники сменяются алевролитами и алевропелитами с вкрапленностью, слоисто-вкрапленностью, конкреционными образованиями пирита. Алевролиты сменяются серыми серицитизированными и углеродистыми сланцами. Повышенные концентрации золота свойственны пиритизированным алевролитам, углеродистым сланцам и составляют 0,03–0,01 г/т; в песчаниках 0,005–0,007 г/т, в пиритовых конкрециях в среднем – 0,02, содержание серебра – 0,13–3 г/т, а вольфрама и висмута – в пределах кларка и относительно выше.

В мелкозернистых, серых, песчаных, слабоуглеродистых алевролитах, алевропелитах и углеродистых серицит-кварц-карбонатных сланцах на местах пересечения их продуктами интрузивных пород встречаются выделения золота. Кроме того, в отдельных пробах (аншлифах) зафиксированы мелкие вкрапленности самородного золота в пиритизированных песчаниках, алевролитах. Причем установлена определенная связь золота с пиритом и содержанием органического углерода. Источником золота многие исследователи считают подстилающие риолиты свиты Большого Нарына.

Остальные отложения нижней части данной формации вмещают проявления железных руд, конкреционных фосфоритовых образований, средняя часть формации – углеродистая карбонатно-тиллоидная, характеризуется промышленными залежами железных руд. Углеродистые породы являются перспективными на осадочно-метаморфогенные, вулканогенно-осадочно-метаморфогенные руды благородных, редких и рассеянных элементов.

Верхняя карбонатно-терригенная формация (верхняя часть шорашуйской серии, толщи Боорду джакболотской свиты) сложена регрессивными отложениями, и в этом интервале

снизу вверх по разрезу затухают концентрации благородных и редких элементов.

Выводы

1. Древние формации, подверженные различной степени метаморфизма, характеризуются унаследованной полициклической, золоторедкометалльной, сереброносной, полуметаллоносной, меденосной минерализацией, охватывающей период формирования рудовмещающих толщ.

2. В процессе регионального метаморфизма образовались металлоносные зоны и минерализованные точки. При этом установлена закономерность изменения концентрации исследуемых элементов и размеров их выделений в зависимости от степени геохимической специализации вмещающих осадочных пород.

3. Интрузивные и магматогенные образования региона имеют собственную геохимическую специализацию.

Литература

1. Кабаев О.Д., Саркулов М.И., Шевкунов А.Г. К перспективам золотоносности черносланцевых толщ Кыргызстана // Тр. Международн. научн.-техн. конф. "Геология и горнотехнические процессы". – Ч.1. – Бишкек, 1999. – С. 166–173.
2. Долженко В.Н. Потенциально-золотоносные геологические формации докембрия Восточного Тянь-Шаня // Науч. тр. – Фрунзе: ФПИ, 1990. – С. 28–40.
3. Кабаев О.Д., Шейн В.Н., Кенешбек уулу Арслан. Перспективы рудоносности черносланцевой формации Тянь-Шаня // Сб. научн. докл. международн. конф. "50 лет кафедре геологии полезных ископаемых". – Бишкек, 2001. – С. 50–60.
4. Сунамбаев К.С., Анаяров Ф.Х., Кабаев О.Д. Геохимические особенности нового типа золоторудного проявления в Узунахматском блоке добайкальской стабилизации // Тр. Международн. научн.-техн. конф. "Геология и горнотехнические процессы". – Ч.1. – Бишкек, 1999. – С. 36–44.