

РЕНИЕНОСНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ НА КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ

В.Я.Данченко, А.В.Рыбин, Г.С.Штейнберг

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г.Южно-Сахалинск

Наличие рения установлено во многих рудопроявлениях Курильских островов, вне известного ранее на вулк.Кудрявый. Рениеносность выявлена как в верхних частях рудно-магматических систем, с сублимационными молибденит-серными рудами четвертичных вулканов (≥ 100 г/т), так и в их нижних горизонтах, с эпитегрмальными золото-серебряными и (барит-колчеданно-) полиметаллическими рудами (до 25 г/т) неогеновых вулкано-тектонических структур (ВТС). Различия рениеносных парагенезисов сублимационных и эпитегрмальных проявлений Курильских островов объясняются вариациями градиентов эволюции рудообразующих систем. Наряду с ранее обнаруженными на вулк.Кудрявый дисульфидами изоморфного ряда ReS_2 - MoS_2 , в числе носителей и концентраторов Re установлены Mo, Pb, Bi минералы на вулк.Билибина, Эбеко, Новый (до 46400 г/т Re), в эпитегрмальных жилах Прасоловской ВТС (до 37400 г/т Re), а также сфалериты, пириты, блеклые руды, в т.ч. полученные искусственным осаждением из вулканических газов. Составы курильских Re-Mo минералов близки к молибденитам как высокорениевых Cu-Mo-порфировых руд Каджаранского месторождения (Армения), так и низкорениевых руд месторождения Йокото-куроко (Япония). Корреляция Re с In, Cd в рудах всех изученных курильских проявлений интерпретируется как индикатор новых, ныне не выявленных, рениеносных минералов и парагенезисов. Полученные данные являются важными предпосылками открытия рениеносных месторождений в Курильской островной дуге. Они делают актуальным изучение закономерностей образования и размещения редкометалльных руд в островных дугах, а также возможностей извлечения металлов непосредственно из вулканических газов.

ВВЕДЕНИЕ

Курильские острова представляют собой двойную островную дугу, отделяющую Охотское море от Тихого океана. В их строении принимают участие вулканогенные породы, слагающие последовательность формаций (снизу вверх): миоценовая базальт-андезит-риолитовая, позднемиоцен-плиоценовая андезит-дацит-риолитовая, плиоценовая андезит-базальтовая, четвертичная базальт-андезитовая [26]. Вулканизм сопровождался образованием (барит-колчеданно-)полиметаллических, золото-серебряных, серных, реже редкометалльных (Mo, Sn, Hg, As) руд [9].

Открытие существенно рениевой минерализации [11, 12, 17, 32] на вулк.Кудрявый (о.Итуруп) послужило поводом к ревизии неогеновых - четвертичных вулканогенных рудно-магматических систем (РМС) островной дуги как вероятных объектов, формирующих рениеносную минерализацию [5]. Спектральным анализом, методом просыпки на спектрографе ДФС-451 с приставкой УСА-5 (доверительная вероятность $\geq 68\%$ для интервала содержа-

ний 3-10000 г/т) в ЦЛ «Сахинформгеоцентра» (г.Южно-Сахалинск; аналитик Н.И.Ключникова), изучены 66 проб руд. Монофракции минералов в искусственно смонтированных аншлифах изучались в ИГЕМ РАН (г.Москва) сканирующим электронным микроскопом JSM-5300 с энергодисперсионным спектрометром LINK-ISIS. Ускоряющее напряжение 25 кВ; использованные стандарты: MnS_2 , металлические Si, Fe, Mo, Cd, Pb, Bi.

ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ РУДОПРОЯВЛЕНИЯ

Первоочередному изучению подверглись минерализованные породы и руды четвертичных серно-молибденитовых проявлений вулканов Эбеко, Билибина, Новый и Кудрявый, а также миоценовых - плиоценовых Cu и Au-Ag рудопроявлений, иногда содержащих Mo, на о.о.Парамушир, Уруп, Итуруп и Кунашир (рис.1).

Молибденит-серная минерализация вулк.Эбеко (в северной части хр.Вернадского на о.Парамушир) приурочена к жерловине в истоках р.Юрвева. Жерловина выражена сближенными позднечетвертичными базальтовыми - андезитовыми экструзия-

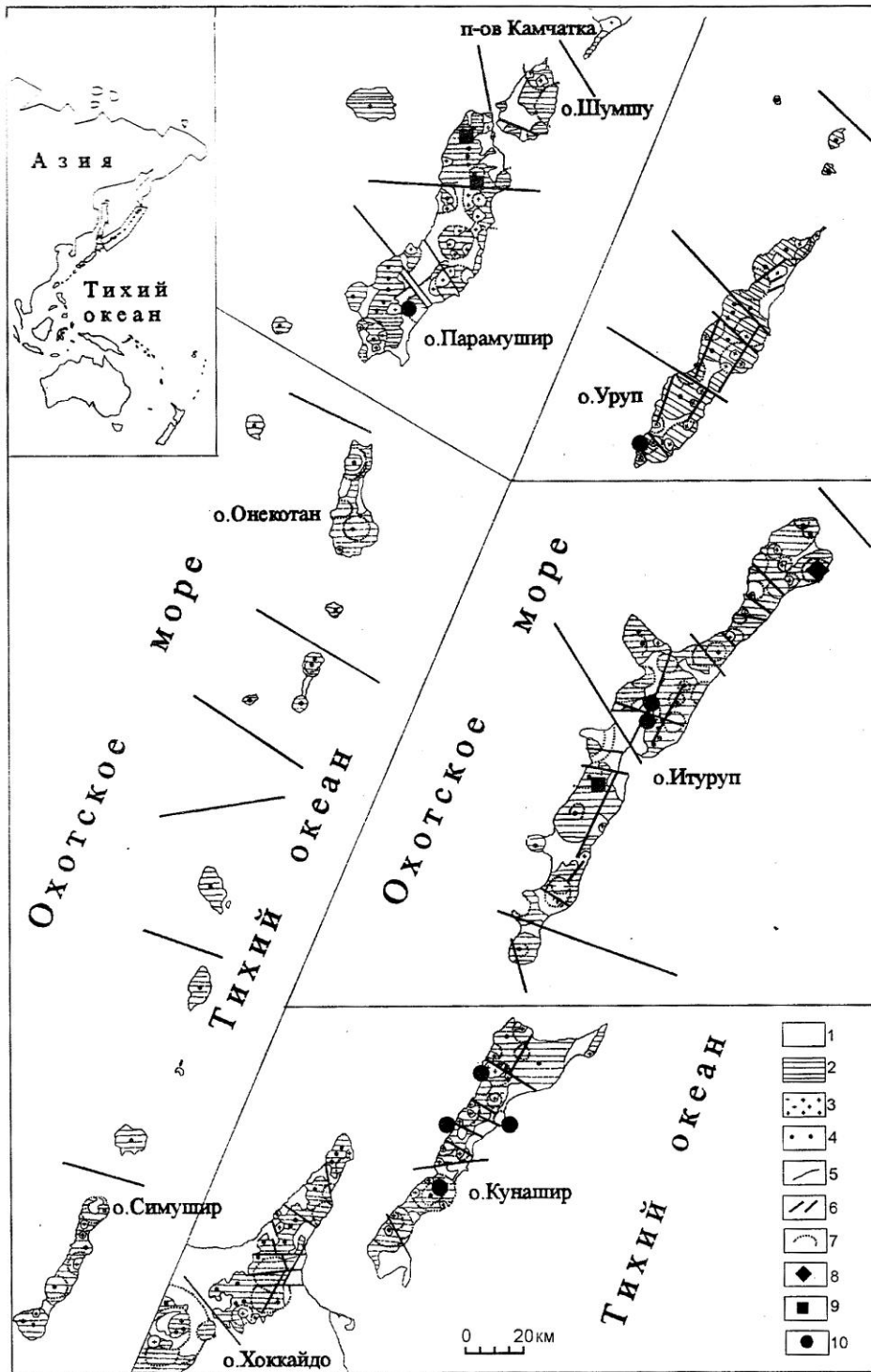


Рис.1.Рениеносная минерализация на Курильских островах.

1 - четвертичные и неогеновые осадочные породы; 2 - четвертичные и неогеновые вулканогенные образования; 3 - интрузивные, субвулканические и экструзивные тела; 4 - современные вулканы; 5 - геологические границы; 6 - разломы; 7 - вулcano-тектонические структуры; 8-10- проявления рениеносной минерализации, в т.ч.: Кудрявое сублимационное оксидно-сульфидно-серное (8), прочие сублимационные молибденит-серные (9), эпитермальные золото-серебряные и (колчеданно-)полиметаллические (10).

ми. секущими агломератовую стратотолщу, превращенную в сероносные вторичные кварциты, опалиты, аргиллизиты. Здесь действуют термальные (до 80°C) источники. Группа затухающих фумарол и ныне отлагает самородную серу, местами с пленками черного минерала. Измененные породы перекрыты базальтовым потоком современного вулк.Эбеко. Изучению подверглись фумарольные серные руды, из которых выделена монофракция черного чешуйчато-сажистого минерала, предварительно диагностированного как «молибденит».

Проявление вулк.Билибина (в средней части хр.Вернадского на том же острове) приурочено к угасшим фумаролам вблизи позднечетвертичного - современного базальт-андезитового конуса внутри кальдеры р.Заозерной. Фумарольные серные бугры здесь содержат вкрапленность молибденита, а также его тонкочешуйчатые и порошкообразные агрегаты на стенках полостей [3]. По данным Е.Д.Петраченко [21], молибденит совместно с гематитом, реже с турмалином и диаспором, встречается также в аргиллизированных и алунитизированных туфах, подстилающих сероносные вторичные кварциты и опалиты, вблизи интрузии пропилитизированных пироксеновых диоритов и экструзий андезидацитов. Нами изучен молибденит из серных бугров, где он представлен [13] как ромбоэдрической, так и моноклинной модификациями.

Позднечетвертичное - современное рудопроявление вулк.Новый (в хр.Богатырь на о.Итуруп) расположено вблизи юго-восточного борта кальдеры Новая, заложеной в средне-позднеплейстоценовое время [13], а ныне выраженной соммой, с голоценовым внутрикальдерным андезитовым - дацитовым вулканом Новый. Рудопроявлению присущи жилки, шириною 3-4 см (до 12-15 см), самородной серы и кварца с молибденитом. Они прослежены на 50-60 м вдоль пологой (5-40°) зоны синкальдерного кольцевого разлома. Вкрапленность и розеткообразные гнезда молибденита, совместно с пиритом, алунитом, гипсом, мельниковитом, самородной серой, редко халькопиритом, отмечаются также среди гидрослюдисто-опал-кварцевых пород, замещающих внутрикальдерные туфоконгломератобрекчии среднего плейстоцена, вблизи экструзии дацитов [21]. По В.С.Знаменскому и Л.М.Лебедеву [13], молибденит представлен ромбоэдрической модификацией, отлагавшейся после самородной серы при температурах 95-120°C. Пробы серно-молибденитовых руд содержат (вес. %): Мо (до 0,332), Ва (до 0,063), Sr (до 0,1), Sn, Pb (до 0,03), а пробы из нижне- и среднеплейстоценовых лав - Мо (0,00035). В минерализованных породах и рудах Е.Д.Петраченко [21] отмечал также примеси As и Sr (сотые доли вес.%), Sc, Pb, Sn, Ga, V, Cu, Ва (тысячные доли вес. %), а вокруг выходов сер-

но-молибденитовых руд - ореолы (шириною 5-10 см) «молибденовых охр».

Нами изучались две разновидности молибденита: крупночешуйчатая, в главных жилках, и тонкочешуйчатая, в тонких (1-2 мм) зонках милонитизации, секущих крупночешуйчатый молибденит.

Современное рудопроявление Кудрявое (хр. Медвежий на о.Итуруп) расположено на вершине одноименного позднечетвертичного (?) - голоценового стратовулкана, представляющего собой один из элементов долгоживущей вулкано-тектонической структуры (ВТС) центрального типа. Вулкан сложен лавами и агломератами базальтов - андезидацитов, наложенными на экструзии и субвулканические тела риолитов - дацитов внутри кальдеры Медвежья. Возраст кальдеры определяется от плиоценового - четвертичного [10] до позднеплейстоценового [20]. Ее основание сложено дацитовыми - риолитовыми (4,9±0,3 млн лет) и базальтовыми - андезитовыми (1,25±0,15 млн лет) вулканитами. Вероятные фрагменты пород фундамента, представленные ксенолитами от габбро до плагиогранитов, встречаются в лавах внутри кальдеры. Ее южный фланг наложен на реликты плиоценового вулкано-интрузивного поднятия с габбродиоритовым массивом в своде. Последний, еще южнее, перекрывается породами соседней кальдеры Цирк. Сближенность кальдер Цирк и Медвежья, реликты вулкано-интрузивного поднятия между ними, вкупе с обилием пемз среди неогеновых и четвертичных отложений района, свидетельствуют о длительном развитии здесь вулканического очага.

На участке рудопроявления по геоморфологическим, физико-химическим и петрологическим особенностям выделяются два кратера: северо-восточный и юго-западный (рис.2). В пределах первого высокотемпературные фумаролы распространены вдоль дугового разлома и вблизи андезидацитового купола, окаймленного агломератами, содержащими включения стекловатых риолитов. Здесь оконтурены высокотемпературные фумарольные площадки с редкометалльной минерализацией, получившие следующие собственные наименования (в скобках приведены: площадь в м²; средние/максимальные температуры в °С): Рениевое Поле (1048; 481/620), Ангидритовое Поле (140; 280/360), Трещина (322; 528/750), Горячий Купол (980; 620/940), Седловина (106; 566/723) и Поле-605 (396; 586/784). В юго-западном кратере, вблизи андезибазальтовых лавовых куполов, содержащих ксенолиты габброидов и плагиогранитов, обособляются три фумарольные площадки с температурами ≤200°C и, преимущественно, серными рудами.

Редкометалльная минерализация высокотемпературных площадок представлена сублимационными сульфидами, сульфосолями, оксидами

сульфидно-кварцевых и гематит-пирит-халцедоновых жил (см. табл.1), сопровождающих субширотный разлом, среди миоценовых(?) - плиоценовых дацитовых туфов, экструзий и субвулканических тел Куйбышевской ВТС.

На о.Кунашир до 10 г/т Re (см. табл.1) выявлено в Au-Ag адуляр-кварцевых и блеклорудно-теллуридно-кварцевых жилах Прасоловской, Малайской и Назаровской ВТС. В первой из них жилы секут гранитоидный массив долгоживущего вулкано-интрузивного поднятия, осложненного позднемиоцено-плиоценовой андезит-дацит-риолитовой вулканодепрессией, а позднее - плиоценовым (дацит-)базальт-андезитовым стратовулканом. Жилы содержат сульфиды, сульфосоли, селениды и теллуриды Fe, Cu, Zn, Pb, Bi, Au, Ag, As, Sb, Mo. Рений концентрируется преимущественно в сульфидах Mo, но встречен также в сфалерите и тетраэдрите. Во второй ВТС рениеносность присуща алунитовым кварцитам и адуляр-кварцевым жилам с пиритом, Ag-Cu-As сульфосолями и теллуридами среди миоценовых - плиоценовых риолитовых - дацитовых агломератов и экструзий ядра вулкано-тектонической депрессии. В третьей - Re обнаружен в пирит-адуляр-кварцевых жилах среди миоценовых - плиоценовых андезитовых

и диоритовых порфиров в зоне разлома, отсекающего южный фланг вулкано-интрузивного поднятия.

ИССЛЕДОВАНИЯ РЕНИЕНОСНЫХ ПОРОД И МИНЕРАЛОВ

В 66 штуфных пробах минерализованных пород Курильских островов (вне вулк.Кудрявый) встречаемость рения составляет 27% объема выборки, при содержаниях от 3 до 25г/т. Более 10 г/т Re обнаружены в 4,5% проб, несущих также >10000 г/т Cu,Zn,Pb, >1000 г/т Bi,Mo,Cd,As,Te,Sn,W,Au, 100-1000 г/т Ag,Ga,Sc и до 10 г/т In,Ge (см. табл.1). Хотя максимумы Re не всегда приурочены к существенно Mo и/или Cu рудам, концентраторам Re в известных месторождениях, присутствие Re (до 46400 г/т) установлено в большинстве изученных минералов Mo (табл. 2). Наиболее высокие содержания Re выявлены в эпитермальных Au-Ag рудных полях о.о.Уруп, Итуруп и Кунашир (до 25, 10 и 10 г/т, соответственно). Встречаемость Re в молибденсодержащих золото-теллуридных рудах составляет 83% (при среднем содержании 7 г/т), а в золото-сульфидных и золото-сульфосольных снижается до 28% (при средних содержаниях ≤2 г/т).

Таблица 1. Результаты спектрального анализа рениеносных руд Курильских островов (в г/т).

| № | Ge | Bi | As | Cu | Ba | Sb | Ag | Mo | Te | Ga | Au | Sn | W | Zn | In | Cd | Re | Pb | Ni | Co |
|----|-----|------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|-----|------|-------|------|-------|----|------|----|-------|----|----|
| 1 | нп | 8 | нп | 80 | нп | 180 | 18 | 600 | нп | 30 | нп | 25 | нп | 30 | нп | нп | 10 | 600 | 13 | 6 |
| 2 | нп | 4 | нп | 300 | нп | 250 | 25 | 300 | 100 | 6 | нп | 1,8 | нп | 60 | нп | нп | 8 | 10000 | 10 | нп |
| 3 | нп | 1,8 | нп | 400 | 4000 | 80 | 100 | 6 | 300 | 6 | 40 | 1 | нп | 40 | нп | нп | нп | 300 | 18 | 6 |
| 4 | нп | 3 | нп | 400 | нп | 400 | 150 | 1250 | 1000 | 30 | 60 | 8 | нп | 100 | нп | нп | 10 | 3000 | 10 | 6 |
| 5 | нп | 3 | нп | 100 | нп | 30 | 125 | 800 | 100 | 3 | 18 | 6 | нп | 400 | нп | нп | 8 | 300 | 13 | 13 |
| 6 | 18 | 1000 | 300 | 6000 | 1800 | 80 | 60 | 13 | 100 | 13 | нп | 180 | нп | 3000 | 10 | 18 | 8 | 400 | 3 | нп |
| 7 | нп | 800 | 6000 | 15000 | 30000 | 10000 | 150 | 25 | 130 | 30 | нп | 30 | нп | 10000 | нп | 18 | 6 | 400 | 25 | 8 |
| 8 | нп | 100 | нп | 60 | нп | 30 | 3 | 30 | 180 | 600 | 1500 | 15000 | 1500 | 60 | нп | 25 | 3 | 300 | 30 | 6 |
| 9 | нп | 1000 | нп | 60 | 3000 | 40 | 2,5 | 10 | 250 | 300 | 1250 | 10000 | 1000 | 100 | нп | 18 | 3 | 300 | 30 | нп |
| 10 | 1,8 | 1,8 | нп | 1000 | 300 | 30 | 0,6 | 18 | нп | 18 | нп | 4 | нп | 1800 | нп | 10 | 3 | 1800 | 18 | 6 |
| 11 | нп | 6 | нп | 4000 | 300 | 40 | 100 | 300 | нп | 18 | нп | 1,8 | нп | 3000 | нп | 18 | 6 | 12500 | 18 | 18 |
| 12 | 4 | 6 | нп | 30 | нп | нп | 4 | 3 | нп | 40 | нп | 13 | нп | 12500 | 60 | 1500 | 25 | 10000 | нп | нп |
| 13 | нп | 30 | нп | 180 | 10000 | 100 | 25 | 80 | нп | 13 | нп | 100 | 10 | 250 | нп | нп | 10 | 250 | 10 | нп |
| 14 | нп | 18 | нп | 80 | нп | 30 | 18 | 30 | нп | 18 | 3,36 | 13 | нп | 30 | нп | нп | 3 | 40 | 25 | нп |
| 15 | нп | 3 | 40 | 18 | нп | 30 | 0,8 | 300 | нп | 6 | 0,25 | 3 | нп | 30 | нп | нп | 6 | 30 | 10 | нп |
| 16 | нп | 3 | нп | 40 | нп | 60 | 6 | 6 | нп | 10 | нп | 10 | нп | 60 | нп | нп | 4 | 40 | 10 | 6 |
| 17 | нп | 30 | нп | 100 | нп | 30 | 40 | 60 | нп | 10 | 0,18 | 10 | нп | 180 | 10 | 25 | 6 | 100 | 18 | 6 |
| 18 | 1,8 | 30 | нп | 180 | 400 | 250 | 10 | 30 | нп | 3 | нп | 13 | нп | 180 | 10 | 18 | 3 | 60 | 6 | нп |
| 19 | нп | 10 | нп | 250 | 4000 | нп | 0,2 | 375 | нп | 1 | нп | 6 | нп | 60 | нп | нп | 8 | 60 | 13 | нп |

Примечание. Анализы выполнены в ЦЛ Сахинформгеоцентра (г.Южно-Сахалинск) методом просыпки на УСА-5 с пределами обнаружения элементов (в г/т): Ag -0,1; Cu,Mo,Ga,Sn,In -1; Ge,Bi -1,8; Re,Pb -3; Au -6; W,Cd -10; Li -18; Sb,Zn -30; As -300. Аналитик Н.И.Ключникова. нп - означает содержание ниже предела обнаружения. Пробы 1-6 - Прасоловская ВТС, золото-теллуридные руды; 7-9 - Малайская ВТС, золото-сульфосольно-кварцевые руды; 10 - Северянковская ВТС, золото-алуни-кварцевые руды; 11-12 - Тетяевская ВТС, золото-сульфидные руды; 13-16 - Куйбышевская ВТС, золото-барит-сульфидные руды; 17 - Валентина-Назаровская ВТС, золото-адуляр-кварцевые руды; 18 - вулк.Менделеева, гейзериты р.Лесной; 19 - ВТС Наушли, серно-сульфидно-алунитовые кварциты.

Таблица 2. Составы ренниеносных минералов (в % веса).

| № проб | Re | Mo | Zn | Cu | Fe | S | In | Se | Bi | W | Pb | Сумма |
|--------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|------|--------|------|-------|--------|
| 1 | 76,7 | нп | 0,99 | 0,02 | 0,2 | 22,22 | нп | нп | нп | нп | нп | 100,13 |
| 2 | 76,9 | нп | 0,74 | 0,36 | 0,78 | 23,6 | нп | нп | нп | нп | нп | 102,38 |
| 3 | 71,6 | 11,5 | нп | 0,2 | нп | 16 | нп | нп | нп | нп | нп | 99,3 |
| 4 | 75,9 | 5,4 | нп | 0,3 | 0,2 | 18,4 | нп | нп | нп | нп | нп | 100,2 |
| 5 | 67,36 | 1,4 | 2 | нп | нп | 26,47 | 0,15 | нп | 1,35 | нп | 0,84 | 99,57 |
| 6 | 64,43 | нп | нп | нп | 0,09 | 27,29 | 0,11 | 1,09 | 0,75 | нп | 1,41 | 95,17 |
| 7 | 69,15 | нп | нп | нп | 0,09 | 29,29 | 0,11 | 1,16 | 0,81 | нп | 1,51 | 102,12 |
| 8 | 71,72 | 2,61 | 0,53 | 0,13 | 0,19 | 23,32 | 0,12 | 0,75 | 0,97 | нп | 1,25 | 101,59 |
| 9 | 0,01 | 57,4 | нп | 0,05 | 0,09 | 38,56 | нп | 0,09 | нп | нп | нп | 96,2 |
| 10 | нп | 12,36 | нп | нп | нп | 7,67 | 0,39 | нп | 46,07 | нп | 35,39 | 101,88 |
| 11 | нп | 9,34 | нп | нп | нп | 9,18 | 0,81 | нп | 45,48 | 0,48 | 33,85 | 99,14 |
| 12 | 1,35 | 10,43 | нп | 0,17 | нп | 9,29 | нп | 3,86 | 40,79 | нп | 32,07 | 97,96 |
| 13 | 0,45 | 10,71 | нп | 0,06 | нп | 8,71 | 0,4 | 1,29 | 44,11 | 0,16 | 33,77 | 99,66 |
| 14 | 2,98 | 56,88 | нп | 0,19 | нп | 39,07 | нп | нп | нп | нп | нп | 99,12 |
| 15 | 4,64 | 56,4 | нп | 0,04 | нп | 37,25 | 0,13 | 0,2 | 0,5 | нп | нп | 99,16 |
| 16 | 2,56 | 59,37 | нп | 0,29 | нп | 35,87 | 0,1 | нп | 0,29 | нп | нп | 98,48 |
| 17 | 4,45 | 58,22 | нп | 0,04 | нп | 36,32 | 0,01 | 0,33 | нп | нп | нп | 99,37 |
| 18 | 3,81 | 57,45 | нп | 0,14 | нп | 38,53 | 0,12 | нп | 0,2 | нп | нп | 100,25 |
| 19 | 3,93 | 58,82 | нп | 0,21 | нп | 38,23 | 0,13 | 0,15 | нп | нп | нп | 101,47 |
| 20 | 1,36 | 46,32 | нп | 0,14 | 0,26 | 26 | 0,09 | 0,66 | нп | нп | нп | 74,83 |
| 21 | 1,67 | 59,21 | нп | 0,22 | нп | 37,74 | 0,53 | 0,18 | 0,91 | 0,22 | 0,06 | 100,74 |
| 22 | 3,18 | 56,58 | нп | 0,16 | 0,03 | 36,13 | 0,14 | 0,19 | 0,24 | 0,03 | 0,01 | 96,69 |
| 23 | 0,5 | 59,48 | нп | 0,05 | нп | 39,89 | нп | нп | нп | 0,17 | нп | 100,09 |
| 24 | нп | 56,93 | нп | нп | нп | 41,23 | нп | нп | нп | 0,18 | 0,03 | 98,37 |
| 25 | 0,25 | 58,21 | нп | 0,03 | нп | 40,56 | нп | нп | нп | 0,18 | 0,02 | 99,25 |
| 26 | 0,85 | 51,46 | нп | 0,16 | 5,57 | 36,64 | нп | нп | нп | нп | 5,73 | 100,41 |
| 27 | 0,67 | 48,65 | нп | 0,49 | 4,29 | 36,21 | нп | нп | нп | нп | 10,41 | 100,72 |
| 28 | 0,65 | 50,95 | нп | 0,37 | 4,08 | 36,38 | нп | нп | нп | нп | 7,12 | 99,55 |
| 29 | 0,72 | 50,35 | нп | 0,34 | 4,65 | 36,41 | нп | нп | нп | нп | 7,75 | 100,22 |
| 30 | нп | 41,54 | нп | 1,16 | 3,87 | 36,03 | нп | 0,94 | нп | нп | 13,36 | 96,9 |
| 31 | нп | 47,37 | нп | 0,3 | 3,99 | 34,44 | 0,16 | 1,84 | нп | 0,47 | 11,83 | 100,4 |
| 32 | 0,17 | 50,57 | нп | 0,17 | 4,23 | 37,99 | нп | 1,3 | нп | нп | 5,14 | 99,57 |
| 33 | 0,3 | 51,66 | нп | 0,15 | 4,71 | 36,22 | 0,03 | 1,24 | нп | 0,29 | 4,5 | 99,1 |
| 34 | нп | 52,04 | нп | 1,37 | 3,55 | 34,45 | 0,65 | нп | нп | 0,65 | 4,91 | 97,62 |
| 35 | 2,85 | 58,98 | 0,93 | 0,15 | нп | 35,25 | нп | нп | нп | 0,07 | 0,63 | 98,86 |
| 36 | 3,47 | 56,65 | нп | 0,32 | нп | 36,01 | 0,24 | нп | 0,68 | нп | 0,23 | 97,6 |
| 37 | 1,13 | 51,26 | 0,15 | 0,52 | 2,91 | 35,77 | 0,18 | 0,76 | 0,11 | 0,25 | 5,8 | 98,84 |
| 38 | 0,41 | 26,22 | нп | 0,14 | 0,26 | 0,32 | нп | 0,15 | нп | нп | 52,08 | 79,58 |
| 39 | 0,5 | 62,1 | нп | 0,9 | 0,2 | 38,1 | нп | нп | нп | нп | нп | 101,8 |
| 40 | нп | 45,6 | нп | 1,7 | 4,4 | 38,2 | нп | нп | 3,7 | 0,6 | 0,5 | 94,7 |
| 41 | нп | 42,6 | нп | 1,8 | 4,5 | 37,1 | нп | нп | 3,6 | 0,4 | 4,5 | 94,5 |
| 42 | нп | 43,4 | нп | 1,4 | 5,2 | 34,6 | нп | нп | 3,6 | 0,3 | 5,9 | 94,4 |
| 43 | нп | 43,87 | нп | 1,63 | 4,7 | 36,63 | нп | нп | 3,63 | 0,43 | 3,63 | 94,52 |
| 44 | 0,116 | 60 | нп | 0,05 | 0,5 | 40 | нп | нп | 0,0005 | нп | 0,002 | нп |
| 45 | 0,019 | 60 | нп | 0,02 | 0,5 | 40 | нп | нп | 0,001 | нп | 0,002 | нп |
| 46 | 0,1 | 60 | нп | 0,01 | 0,3 | 40 | нп | нп | 0,001 | нп | 0,005 | нп |
| 47 | 0,025 | 60 | нп | 0,01 | 0,2 | 40 | нп | нп | 0,003 | нп | 0,004 | нп |
| 48 | 0,025 | 60 | нп | 0,01 | 0,5 | 40 | нп | нп | 0,003 | нп | 0,004 | нп |
| 49 | 0,02 | 60 | нп | 0,02 | 0,3 | 40 | нп | нп | 0,001 | нп | 0,004 | нп |
| 50 | 0,026 | 60 | нп | 0,02 | 0,3 | 40 | нп | нп | 0,004 | нп | 0,003 | нп |
| 51 | 0,035 | 60 | нп | 0,005 | 0,1 | 40 | нп | нп | 0,003 | нп | 0,001 | нп |
| 52 | 0,05 | 60 | нп | 0,02 | 0,34 | 40 | нп | нп | 0,0021 | нп | 0,003 | нп |

ВАРИАЦИИ СОСТАВА МИНЕРАЛОВ

Высокие содержания Re характерны для руд Мо- и Мо-Си-порфировых месторождений мира, причем их максимумы (до 18800 г/т) отмечались в молибденитах Варденисского месторождения в Армении [19]. Нами сравнивались (см. табл.2) составы выявленных Мо-Re минералов Курильских островов с составами молибденитов других месторождений, в т.ч. грейзенового Sn-W-Мо месторождения Акчатау в Казахстане [17], месторождения Йокото в Японии, относимого к типу «куроко» [37], и Каджаранского Мо-Си-порфирового [4].

На диаграммах состава, в координатах главных компонентов, Мо-Re минералы Курильских островов четко разделяются на три группы (рис.3А). Наиболее обширная группа включает «иордизиты» эпитеермальных Au-Ag жил и молибдениты фумарольных полей вулканов Эбеко, Билибина, Новый, Кудрявый, а также молибдениты месторождения Йокото-куроко. Вторая группа объединяет собственно рениевые дисульфиды вулк.Кудрявый, а третья - Мо-Pb-Bi минералы вулк.Кудрявый. В координатах Re-Pb-Bi (рис.3В) сохраняется разделение на три группы, причем к существенно свинцовым относятся Мо-минералы эпитеермальных жил и вулк.Эбеко, а к свинцово-висмутовым - минералы вулк.Кудрявый и месторождения Йокото.

Бинарная диаграмма главных примесей (Zn,Cu,Fe,W) четко разделяет эти минералы по содержанию Fe+W (рис.4А) на группы: с одной стороны -

низкожелезистые молибдениты относительно высокотемпературных месторождений Акчатау, Каджаран и вулканов Кудрявый, Новый, Билибина, а с другой стороны - высокожелезистые минералы Мо, из относительно низкотемпературных месторождений Йокото-куроко, эпитеермальных жил и вулк.Эбеко. Области составов высокожелезистых минералов Мо и сублимационных рениевых минералов существенно перекрываются, объединяя поля фигуративных точек руд «куроко» и «порфировых».

С учетом Re, важнейшего компонента примесей, на тройной диаграмме (рис.4В) отмечается разобщение составов молибденитов руд «порфирового» типа от сублимационных минералов Мо вулк. Кудрявый. Интервал между ними перекрывается фигуративными точками рениевых руд прочих курильских вулканов и эпитеермальных проявлений. Составы молибденосодержащих минералов эпитеермальных проявлений и вулканов Эбеко, Билибина (о.Парамушир) сближаются с составами молибденитов руд «порфировых» и «куроко», а молибденитов вулк.Новый (о.Итуруп) - с рениевыми минералами вулк.Кудрявый (о.Итуруп). Возможно, последнее обстоятельство отражает специфическую особенность РМС о.Итуруп.

Таким образом, составы сублимационных Re-Мо минералов на вулканах Курильских островов сближаются с составами минералов как «порфировых» месторождений, так и месторождений «куроко» и эпитеермальных жил. Геологические позиции последних действительно являются промежуточными меж-

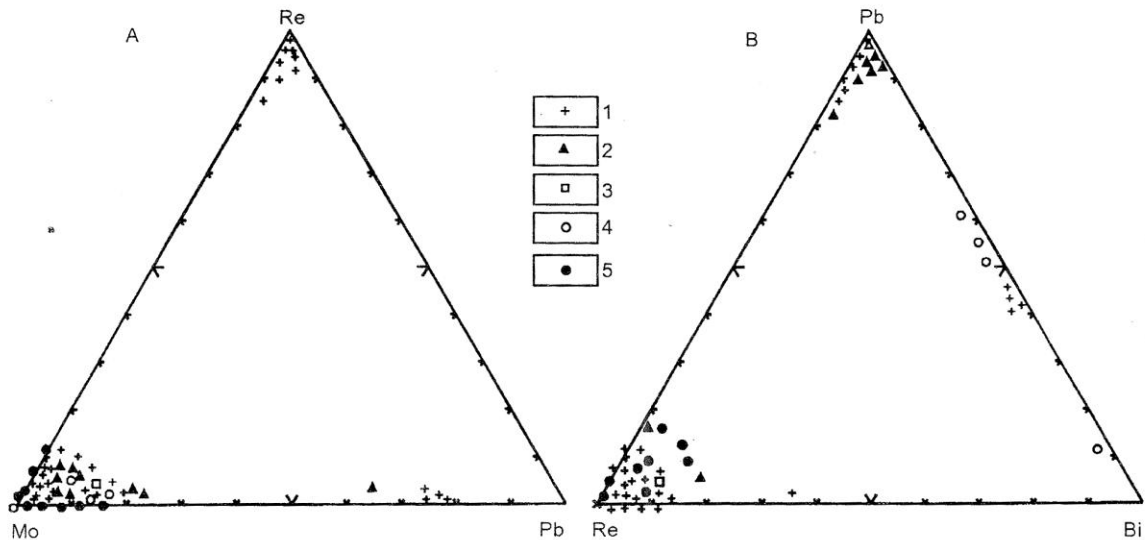


Рис.3. Диаграммы составов по главным компонентам ренийсодержащих минералов.

1 - минералы сублимационных проявлений Курильских островов; 2 - рениевые сульфиды и оксиды из эпитеермальных жил Прасоловской ВТС; 3 - молибденит MoSnW месторождения Акчатау (Казахстан); 4 - молибдениты месторождения Йокото-куроко (Япония); 5 - молибдениты Каджаранского Мо-Си-порфирового месторождения (Армения).

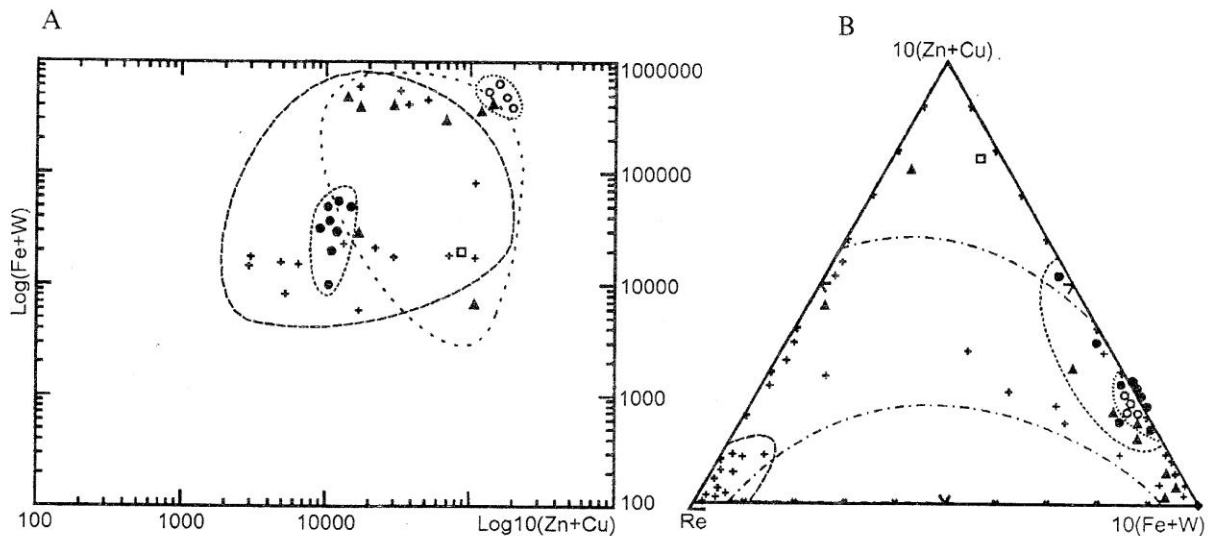


Рис.4. Диаграммы состава по главным примесям ренийсодержащих минералов и молибденитов. Условные обозначения см. рис.3.

ду рудами апикальных (вулканогенных сублимационных) частей РМС и рудами корневых (порфировых субвулканических) их частей.

Приведенные вариации составов минералов показывают также, что предположенный ранее [23] непрерывный изоморфный ряд дисульфидов Mo-Re, возможно, представляет лишь одну из ветвей серии рядов $\text{MoS}_2\text{-ReS}_2$, $\text{MoS}_2\text{-PbS}_2$, $\text{MoS}_2\text{-BiS}_2$, $\text{PbS}_2\text{-BiS}_2$. Это подтверждается находками минералов состава PbBiS_2 в рудах проявления Кудрявого и MoPbS_2 в эпитегрмальных золото-теллуридных жилах о.Кунашир.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ АССОЦИАЦИИ РЕНИЕНОСНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Геохимические особенности ренийносных руд Курильских островов изучались сравнением двух выборок, характеризующих вулк. Кудрявый (табл.3; 50 проб) и прочие рудопроявления (см. табл.1; 19 проб).

Установлены значимые положительные корреляционные связи Re с Cd, In, Ag, Ni, Co в рудах вулк. Кудрявый и с Cd, In, Zn, Pb в рудах других курильских проявлений, при незначимых связях с Cu и Mo в обоих случаях. На вулк.Кудрявый геохимическая ассоциация Re (Ag-Cd-In-Co-Ni) обнаруживает связи с ассоциациями Sn-Bi-Pb и Zn-Ge-Ga-Cu-Mo-W, характеризующими практически весь спектр известных здесь сульфидно-оксидных минералов руд [2, 12, 13, 15, 17]. Это свидетельствует о приуроченности главных, ныне известных, носителей Re к парагенезисам Pb-Bi-Sn-Ag минералов. Из них ныне идентифицированы преимущественно Re-Mo сульфиды, оксиды Mo, Pb-Bi сульфиды, сульфосоли и селениды, суль-

фиды Zn, Zn-Cd-In, Cd-In. Вероятны также ренийносные парагенезисы с In-Cd-Ag (коэффициенты корреляции с Re +0,40; +0,77 и +0,43, соответственно, при критическом значении 0,2732 для выборки в 50 проб [1]). С другой стороны, положительная корреляция Re с Ni и Co может быть объяснима связью редкометалльной минерализации с базальтовым вулканизмом, несмотря на минеральный состав руд, столь необычный для производных основной магмы.

В рудах неогеновых проявлений Re входит в геохимическую ассоциацию Re-Pb-Cd-Zn, через Zn связанную с ассоциацией Cu-Ba-Sb-As-Bi-Ge, характеризующую минеральные парагенезисы (барит-колчеданно-) полиметаллических руд, а также с ассоциацией Mo-Te-Ag-Co, присущей эпитегрмальным молибденсодержащим теллуридным рудам. Плохая согласуемость отрицательных связей Re с ассоциацией Au-Sn-W-Ni-Ga с выявленной высокой встречаемостью Re в Au-Ag рудах, вероятно, объяснима малой изученностью ренийносности руд Курильских островов.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Выше показана значительная распространенность Re как в четвертичных сублимационных, так и в неогеновых эпитегрмальных проявлениях Курильских островов. Их сравнение выявляет определенные элементы сходства геологических позиций ренийносной минерализации в островной дуге.

Четвертичные ренийносные серно-молибденитовые проявления вулканов Новый, Кудрявый, Эбеко, Билибина локализируются в зонах сернокислотного выщелачивания апикальных частей РМС. Субли-

Таблица 3. Содержания элементов в сублимационных рудах вулк.Кудрявый (г/т).

| № | In | Re | Ni | Co | Ba | W | Tl | As | Au | Mo | Cu | Ga | Ge | Sn | Bi | Zn | Pb | Ag | Cd |
|----|------|------|----|----|------|------|-----|------|-----|------|------|----|-----|------|------|-------|-------|-----|------|
| 1 | 60 | 8 | 25 | 30 | нп | нп | 50 | 600 | 0,1 | 80 | 180 | 4 | нп | 1500 | 400 | 250 | 400 | 4 | 60 |
| 2 | 600 | 180 | 18 | 30 | 180 | нп | 60 | 600 | 6 | 80 | 130 | 8 | нп | 1000 | 1500 | 2500 | 15000 | 8 | 1300 |
| 3 | 300 | 30 | 18 | 30 | 800 | нп | 3 | 300 | 0,6 | 100 | 100 | 8 | 6 | 1000 | 300 | 1800 | 1800 | 6 | 180 |
| 4 | 400 | 40 | 18 | 30 | 400 | нп | 60 | 400 | 0,6 | 100 | 100 | 10 | 4 | 1000 | 1000 | 3000 | 10000 | 4 | 400 |
| 5 | 1000 | 250 | 25 | 40 | 300 | нп | 10 | 300 | 0,5 | 60 | 80 | 10 | 10 | 600 | 1000 | 4000 | 3000 | 8 | 1800 |
| 6 | 1000 | 100 | 18 | 18 | 400 | нп | 15 | 400 | 0,5 | 100 | 130 | 18 | 10 | 1000 | 1500 | 4000 | 10000 | 13 | 2500 |
| 7 | 1500 | 250 | 13 | 10 | 300 | нп | 6 | 400 | 0,5 | 60 | 130 | 18 | 18 | 1000 | 1500 | 8000 | 6000 | 10 | 3000 |
| 8 | 1000 | 1000 | 13 | 10 | нп | нп | 10 | 300 | 0,3 | 80 | 130 | 13 | 25 | 400 | 1000 | 6000 | 1800 | 10 | 3000 |
| 9 | 400 | 1000 | 30 | 40 | 400 | нп | 10 | 400 | 0,4 | 300 | 100 | 10 | 25 | 300 | 1000 | 1800 | 2500 | 8 | 2500 |
| 10 | 300 | 100 | 40 | 40 | 250 | нп | 100 | 400 | нп | 80 | 60 | 10 | нп | 100 | 1500 | 400 | 10000 | 1 | 600 |
| 11 | 180 | 180 | 25 | 30 | 600 | нп | 5 | 300 | нп | 60 | 130 | 8 | 3 | 300 | 1500 | 250 | 1000 | 4 | 300 |
| 12 | 130 | 18 | 18 | 25 | 600 | нп | 30 | 800 | нп | 80 | 300 | 6 | нп | 180 | 1500 | 180 | 4000 | 0,3 | 1300 |
| 13 | 250 | 4 | 10 | нп | 180 | нп | 30 | 600 | нп | 4 | 60 | 8 | нп | 600 | 1500 | 400 | 10000 | 0,3 | 1000 |
| 14 | 80 | 3 | 13 | 18 | 600 | нп | 20 | 300 | нп | 6 | 100 | 4 | нп | 100 | 1500 | 100 | 1800 | 0,1 | 1000 |
| 15 | 250 | 6 | 4 | нп | 130 | нп | 30 | 600 | нп | 2 | 130 | 1 | нп | 130 | 1500 | 80 | 800 | нп | 100 |
| 16 | 180 | 6 | 18 | 25 | 400 | нп | 100 | 9999 | нп | 30 | 180 | 13 | нп | 1500 | 2000 | 40 | 15000 | 6 | 300 |
| 17 | 40 | нп | 2 | нп | 800 | нп | 400 | 9999 | нп | 30 | 100 | 1 | нп | 800 | 300 | 60 | 2500 | 0,4 | 10 |
| 18 | 1500 | нп | 8 | 13 | 250 | нп | 50 | 600 | нп | 25 | 80 | 13 | нп | 1500 | 1500 | 1800 | 15000 | 0,4 | 180 |
| 19 | 30 | нп | 18 | 18 | 300 | нп | 300 | 600 | нп | 180 | 100 | 6 | нп | 130 | 400 | 60 | 15000 | 0,3 | 8 |
| 20 | 600 | нп | 6 | 8 | 1300 | нп | 20 | 400 | нп | 25 | 130 | 8 | нп | 1000 | 600 | 800 | 10000 | 0,4 | 300 |
| 21 | 100 | нп | 6 | 13 | 1800 | нп | 400 | 3000 | нп | 30 | 300 | 8 | нп | 1000 | 800 | 400 | 20000 | 0,8 | 30 |
| 22 | 40 | нп | 1 | 6 | 400 | нп | 30 | 400 | нп | 30 | 130 | 6 | нп | 800 | 400 | 130 | 15000 | 0,6 | 18 |
| 23 | 30 | нп | 2 | 8 | нп | нп | 30 | 300 | нп | 4 | 130 | 3 | нп | 800 | 400 | 60 | 15000 | 0,2 | 18 |
| 24 | 18 | нп | нп | нп | 250 | нп | 50 | 300 | нп | 18 | 250 | 1 | нп | 800 | 600 | 30 | 10000 | 0,3 | 13 |
| 25 | 30 | нп | 1 | нп | 300 | нп | 150 | 300 | нп | 30 | 60 | 2 | нп | 400 | 300 | 30 | 3000 | 0,1 | 25 |
| 26 | 10 | нп | 6 | 13 | нп | нп | 100 | 300 | нп | 4 | 80 | нп | нп | 180 | 250 | нп | 2500 | 0,3 | 8 |
| 27 | 1000 | нп | нп | нп | 250 | нп | 60 | 800 | 0,1 | 25 | 300 | 6 | нп | 2000 | 1500 | 400 | 20000 | 1 | 300 |
| 28 | 25 | нп | 3 | 8 | 600 | нп | 100 | 300 | нп | 30 | 100 | 6 | нп | 100 | 180 | нп | 800 | 0,1 | нп |
| 29 | 10 | нп | 6 | нп | 400 | нп | 150 | 300 | нп | 30 | 40 | 4 | нп | 30 | 130 | 40 | 600 | 0,1 | нп |
| 30 | 30 | нп | 13 | 8 | 400 | нп | 150 | 1300 | нп | 40 | 80 | 8 | 2 | 80 | 600 | 60 | 10000 | 0,3 | 13 |
| 31 | 30 | нп | 18 | 18 | 800 | нп | 20 | 400 | нп | 60 | 180 | 13 | нп | 100 | 1500 | 100 | 6000 | 0,3 | 25 |
| 33 | 13 | нп | 8 | 13 | 250 | нп | 30 | 1800 | нп | 40 | 100 | 18 | 2 | 60 | 400 | 80 | 6000 | 0,1 | 13 |
| 34 | 18 | нп | 13 | 13 | нп | нп | 30 | 2500 | нп | 25 | 100 | 18 | 2 | 40 | 400 | 130 | 10000 | 0,1 | 30 |
| 35 | нп | нп | 6 | 8 | 300 | нп | 150 | 300 | нп | 30 | 80 | 6 | нп | 25 | 180 | 30 | 400 | 0,1 | 8 |
| 36 | 25 | нп | 13 | 18 | нп | нп | 30 | 3000 | нп | 13 | 100 | 30 | 2 | 180 | 600 | 130 | 15000 | 0,1 | 30 |
| 37 | 40 | нп | 18 | 13 | 300 | нп | 50 | 400 | нп | 10 | 60 | 18 | 2 | 100 | 400 | 300 | 800 | 0,2 | 13 |
| 38 | 25 | нп | 18 | 13 | нп | 0 | 30 | 800 | нп | 100 | 80 | 30 | 4 | 180 | 300 | 400 | 4000 | 0,3 | 13 |
| 39 | 30 | нп | 18 | 18 | нп | нп | 100 | 2500 | нп | 60 | 60 | 30 | 2 | 100 | 180 | 400 | 2500 | 0,1 | 30 |
| 46 | 18 | нп | 25 | 30 | 250 | 180 | 30 | нп | нп | 400 | 300 | 60 | 40 | 40 | 25 | 15000 | 300 | 0,3 | нп |
| 47 | 60 | 30 | 13 | 13 | нп | 600 | нп | 300 | нп | 1000 | 1000 | 30 | 600 | 600 | 100 | 15000 | 1800 | 13 | 8 |
| 48 | 18 | нп | 6 | 13 | 400 | 1000 | нп | нп | 0,1 | 1500 | 180 | 30 | 30 | 25 | 10 | 6000 | 100 | 0,2 | нп |
| 49 | 150 | нп | 25 | 25 | 250 | нп | нп | 1300 | нп | 180 | 180 | 25 | 4 | 1000 | 1500 | 15000 | 15000 | 18 | 800 |
| 50 | 80 | 180 | 18 | 18 | 250 | 80 | 30 | 400 | 0,1 | 180 | 250 | 13 | 100 | 100 | 300 | 2500 | 3000 | 13 | 40 |
| 51 | 40 | 30 | нп | нп | нп | нп | 5 | 300 | нп | 800 | 250 | 40 | 100 | 300 | 40 | 15000 | 400 | 3 | 13 |
| 52 | 180 | нп | 1 | 6 | нп | 600 | 15 | 400 | нп | 1500 | 180 | 18 | 80 | 800 | 180 | 15000 | 6000 | 1 | 60 |
| 53 | 100 | нп | 40 | 13 | нп | 4000 | 100 | нп | нп | 2000 | 300 | 30 | 250 | 1000 | 40 | 10000 | 1300 | 4 | 18 |
| 54 | 80 | нп | 3 | 13 | нп | 250 | 0,6 | 400 | 0,1 | 1000 | 100 | 18 | 300 | 250 | 40 | 15000 | 800 | 6 | нп |
| 55 | 25 | нп | 4 | нп | 300 | 300 | 3 | нп | 0,1 | 400 | 800 | 4 | 30 | 30 | 30 | 100 | 250 | 3 | нп |
| 56 | 60 | 30 | 6 | 18 | 300 | 3000 | 3 | 300 | нп | 800 | 600 | 25 | 180 | 100 | 100 | 1300 | 2500 | 4 | 13 |
| 60 | 13 | нп | 3 | 8 | нп | нп | 8 | нп | 0,1 | 30 | 100 | 3 | 3 | 13 | 30 | 60 | 100 | нп | нп |

мационные Re-Mo руды вулк.Кудрявый, Новый и Билибина формируются в фумарольных полях на вершинах базальт-андезитовых стратовулканов, представляющих внутри- и посткальдерные образования, наследующие базальт-андезит-дацитовый (до риолитового) вулканизм плиоценовых - четвертичных кальдер. Однако среди последних (Немо, Тао-Русыр, Ушишир, Броутона, Заварицкого, Камуй, Цирк, Торная, Тайная, Урбич, Львиная Пасть, Менделеева, Головнина) сколько-нибудь значимая рудная минерализация выявлена лишь в кальдерах Менделеева, Головнина, Медвежьей.

Кальдера Медвежья характеризуется экстремально высокими температурами (до 940°C) рудообразующих паро-газовых струй. Столь же высокотемпературные фумаролы наблюдаются ныне на посткальдерных островодужных вулканах Сева-Шинзан и Усу (в обоих дациты, 800°C и 649°C соответственно, [35]); Сацума-Иводзима (риолиты, 880°C, [34]); Мерапи (андезиты, 915°C, [33]), и нет оснований исключать былое их существование в некоторых из вышеперечисленных кальдер Курильских островов. Это свидетельствует о некоторых, ныне не выявленных, специфичных параметрах эволюции рудоносных кальдер и об особых условиях локализации в них редкометаллической минерализации. Возможно, такие особенности связаны с тем, что рениеносные фумаролы вулк.Кудрявый связаны не с новейшими базальтовыми извержениями, а с более ранним андезидацитовым куполом, несущим признаки неоднородности расплавов в магматической камере.

В основании кальдер, вмещающих рениеносные фумаролы вулк.Билибина и Кудрявый, усматриваются элементы миоцен-плиоценовых или плиоценовых габбродиоритовых (базальт-андезит-дацитовых) интрузивно-вулканических поднятий с признаками Au-Ag и Ag-Zn-Pb оруденения. Существенные примеси цветных металлов в рудах вулк.Кудрявый свидетельствуют о возможной унаследованности четвертичной РМС более древних тенденций рудообразования.

Неогеновые рудопроявления о.о.Кунашир и Уруп приурочены к верхним и средним горизонтам эпитепидальных РМС. Они представлены Au-Ag и Cu-Zn-Pb сульфидными, сульфосольными и теллуридными жилами в риолитовых экстрезиях или гранитоидных интрузиях. Ранее показано [5], что такие ВТС характеризуются длительной эволюцией от миоценовых (?) стратовулканических и вулкано-интрузивных базальт-риолитовых (габбро-плагиогранит-

ных) поднятий с колчеданно-полиметаллической минерализацией, к вулканодепрессиям с андезит-дацит-риолитовым (габбродиорит-кварцеводиорит-гранодиоритовым) магматизмом, золото-серебряными и барит-колчеданно-полиметаллическими рудами, а далее - к базальт-андезитовым вулканам, наложенным на вулканодепрессии или вулкано-интрузивные поднятия и несущим самородную серу и/или (Au-Ag-) Cu сульфосольно-кварцевые руды. Последние рассматриваются [25] как индикаторы апикальных частей Мо-Cu- или Au-Cu-порфирировых месторождений в субвулканических телах корневых зон РМС.

На Курильских островах минерализация, сходная с Cu-порфирировой, обнаружена вблизи рудопроявлений, содержащих Mo и/или Re на о.о.Кунашир, Уруп. Она представлена вкрапленностью, гнездами и микропрожилками магнетита, пирита, халькопирита в кварцевых диоритовых порфиритах и габбродиоритах, а частью - во вмещающих их туфах и туффитах. Ее рениеносность не выяснена.

В целом же, нынешняя изученность рениеносности Курильских островов позволяет считать, что Mo и Re минерализация приурочена к долгоживущим ВТС с многокорневыми РМС полициклического развития, претерпевшим инверсию от базальт-андезитовых стратовулканических и габброидно-гранитоидных вулкано-интрузивных поднятий к андезит-дацит-риолитовым вулкано-тектоническим депрессиям, и далее - к базальт-андезитовым внутрикальдерным вулканам.

Полученные данные по рениеносности вулканогенных РМС Курильских островов уточняют представления [14] о диссимметрии редкометаллической металлогении Циркумпацифики, сводя проблему к преобладанию тех или иных тенденций эволюции РМС в различных условиях.

Выявленные минералого-геохимические особенности рениеносных образований Курильских островов свидетельствуют в пользу широких возможностей вхождения рения в парагенезисы разнотипных руд и в различные минералы. Ныне лишь схематически намечена тенденция накопления Re в парагенезисах Mo-Pb-Bi минералов, отличающаяся от ранее известной [24] концентрации Re в молибденовых и медных минералах «порфирировых» руд, медистых песчаников и сланцев. Возможно, она является специфической особенностью вулканогенной рениеносности островных дуг, отражаемой корреляционными связями Re с элементами как салических (Pb, Ag, In, Cd), так и мафических (Ni, Co) магм.

Примечание к табл.3. Спектральные анализы выполнены в в Бронницкой ГГЭ (г.Москва; аналитик Казарина) методом ПКСА-40 с пределами обнаружения элементов (в г/т): Re, In, Tl, Au -3; Ag -0,1; Cu, Mo, Ga, Sn, -1; Ge, Bi -1,8; Pb -3; W, Cd -10; Sb, Zn -30; As -300. нп - означает содержание ниже предела обнаружения. Пробы 1-36 отобраны на высокотемпературной площадке Рениевое Поле.

Однако привлекают внимание низкие значения коэффициентов корреляции Re с Mo, Pb, Bi в рудах как вулк. Кудрявый (-0,06; +0,64; +0,21 соответственно, при критическом значении 0,2732 для выборки в 50 проб [1]), так и вне его (+0,21; +0,64; -0,11 соответственно, при критическом значении 0,4555 для выборки в 19 проб [1]). Это означает, вероятно, что ныне выявленные рениеносные Mo, Bi, Pb минералы являются не главными носителями Re в рудах. Вероятно преимущественная концентрация Re в иных, все еще не изученных минералах и парагенезисах. В их числе предполагаются существенно Cd-In минералы, что отражается коэффициентами корреляции Re с Cd и In как в рудопроявлении вулк. Кудрявый (+0,80 и +0,83, соответственно), так и вне его (+0,40 и +0,74, соответственно).

Отличия минеральных парагенезисов комплексных рениеносных руд современного вулк. Кудрявый и неогеновых эпиптермальных жил характеризует различия условий рудообразования. На вулк. Кудрявый вертикальная минералогическая зональность от сульфидной до оксидной и хлоридно-сульфатной зон вмещается в первые десятки сантиметров [12], в соответствии с высоким градиентом эволюции рудообразующего флюида. Высокий градиент отражается изменениями фугитивности кислорода ($\log O_2$ от -20,42 при 500°C, до -10,88 при 950°C) в единой стадии рудообразования, объединяющей Sn, Mo, Cu, Zn, Pb, W, Bi, As, Se, Cd и другие компоненты руд. В эпиптермальных жилах Прасоловского рудного поля рениеносные Mo-Cu-Se-Te-Au-Ag руды разобщены с Au-Ag-Se-Te, Ag-Cu-Zn-Cd-Pb, Au-Ag-As-Te-Sn и Au-Ag рудами пространственно (в различных жилах) и во времени (по стадиям минерализации), что характеризует относительно низкие градиенты эволюции рудообразующего флюида. Возможно, именно градиент эволюции рудообразующего флюида является одним из ключевых аспектов, определяющих специфику рениеносных РМС. Низкие его значения благоприятствуют обособлению редких металлов в одной из стадий эпиптермального рудообразования, а высокие - способствуют образованию комплексных редкометалльно-серных руд «кудрявого» типа.

Допустимо полагать, что в зонах трещиноватости фундамента Медвежьей ВТС и ее салического магматического «ядра» возможны обстановки низкоградиентной эволюции рудообразующего флюида, способствующие отложению эпиптермальных рениеносных руд, а в окружающих осадочных бассейнах - редкометалльных вулканогенно-осадочных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенное показывает значительную распространенность Re в рудах Курильских островов, не только в четвертичных сублимационных рудах апикальных частей РМС, но и в неогеновых рудо-

проявлениях глубоко эродированных горизонтов РМС, т.е. во всех пространственных и временных интервалах вулканизма Курильской островной дуги. Вероятно также вулканогенно-осадочное накопление рения, признаки которого обнаружены на вулк. Кудрявый.

Сравнение рениеносных проявлений Курильских островов показывает их приуроченность к сложным долгоживущим ВТС, претерпевшим кальдерную стадию развития и являющимся средоточием РМС с Au-Ag и Ba-Cu-Pb-Zn минерализацией. Их посткальдерное развитие характеризовалось внедрением кислых интрузивных, субвулканических и экстрезивных тел, перекрываемых (с различными перерывами) стратовулканическими базальт-андезитовыми комплексами.

Выявленные рениеносные проявления, минералы и парагенезисы, представляют лишь часть носителей Re на Курильских островах. Допустимо ожидать здесь открытия новых минералов и парагенезисов Re в рудах, содержащих In, Cd, Zn, Sn, Ag, особенно в рудопроявлениях Mo и Sn [8, 22].

Широкое распространение рениеносной минерализации на Курильских островах - явление новое для металлогении островных дуг. Оно делает актуальным выделение островодужного типа редкометалльных провинций мира. В этом плане, представляется неопределимой значимость исследований рудопроявления Кудрявого, как природной лаборатории рудообразования и как эталонного объекта островодужной редкометалльной металлогении.

Работа выполнена при финансовой поддержке Федеральной Администрации Сахалинской области (проект 2-21-98).

ЛИТЕРАТУРА

1. Беус А.А., Григорян С.В., Ойзерман М.Т., Чолакян П.Г., Стояновский А.А. Руководство по предварительной математической обработке геохимической информации при поисковых работах. М.: Недра, 1965. 120 с.
2. Быкова Е.Ю., Знаменский В.С., Коваленкер В.А., Марсий И.М., Батурич С.В. Ассоциации и условия отложения минералов молибдена в эксгальционных продуктах вулкана Кудрявый, Итуруп, Курильские о-ва // Геология руд. месторождений. 1995. Т.37, №3. С.265-273.
3. Геология СССР. Том XXXI. Камчатка, Курильские и Командорские острова. Полезные ископаемые. М.: Недра, 1977. 352 с.
4. Горохова В.Н. О содержании рения в молибденитах Каджаранского медно-молибденового месторождения // Вопросы минералогии, геохимии и генезиса месторождений редких элементов. М., 1960. С.28-32. (Тр. ИМГ-РЭ; Вып.4.).
5. Данченко В.Я. Редкие и благородные металлы Курильских островов // Курильские острова: история, современность, перспективы: Тез. докл. конф., посвященной

- 300-летию освоения Курильских островов русскими людьми: 16-17 декабря 1997г., г.Южно-Сахалинск. Естественно-научные исследования, социально-экономические проблемы Курильских островов. Южно-Сахалинск, 1997. С.34-36.
6. Данченко В.Я. Соотношение разных типов золото-серебряной минерализации в рудном поле островодужного вулканического пояса // Соотношение разных типов оруденения вулкано-плутонических поясов Азиатско-Тихоокеанской зоны сочленения. Владивосток, 1991. С.24-42.
 7. Данченко В.Я., Иванов В.В. Самородное золото проявлений островодужного вулканического пояса // Самородные элементы рудных месторождений Тихоокеанской окраины Азии. Владивосток, 1989. С.47-58.
 8. Данченко В.Я., Мицук В.В. Золото-оловянное оруденение в островодужном вулканическом поясе // Глубинность распространения и элементы зональности эндогенной минерализации Дальнего Востока. Владивосток, 1987. С.3
 9. Данченко В.Я., Пискунов Б.Н., Рождественский В.С., Сергеев К.Ф. Рудоносность Южно-Охотского сегмента Циркумпаффики: позиция в развитии структуры, магматизма, метаморфизма // Петрология и рудоносность магматических образований Курильской островной дуги. Южно-Сахалинск, 1997. С.5-33. (Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией. Т.II).
 10. Ермаков В.А., Семакин В.П. Геология кальдеры Медвежья (остров Итуруп, Курильские острова) // Докл. АН. 1996. Т.351, № 3. С.361-365.
 11. Знаменский В.С. Минералогия уникального объекта - вулкана Кудрявый; отложения высокотемпературного газа // Избр. науч. отчеты: Науки о Земле. М., 1995. С.6.
 12. Знаменский В.С., Лапутина И.П., Таран Ю.А., Якушев А.И. Рудоотложение из высокотемпературных газовых струй вулкана Кудрявый, о.Итуруп, Курильские острова // Докл. АН. 1993. Т.333, №2. С.227-230.
 13. Знаменский В.С., Лебедев Л.М. Рудопроявление молибденита в хребте Богатырь (о.Итуруп, Курильские острова) // Современные гидротермы и минералообразование. М., 1977. С.175-183.
 14. Иванов В.В., Юшко-Захарова О.Е. Региональная геохимия и минералогия редких элементов-примесей // Прикладные аспекты геохимических исследований. М., 1993. С.17-28.
 15. Коваленкер В.А., Лапутина И.П., Знаменский В.С., Зотов И.А. Индиевая минерализация Большой Курильской островной дуги // Геология руд. месторождений. 1993. Т.35, № 6. С.547-552.
 16. Коржинский М.А., Ткаченко С.И., Булкаков Р.Ф., Шмулович К.И. Составы конденсатов и самородные металлы в сублиматах высокотемпературных газовых струй вулкана Кудрявый (остров Итуруп, Курильские острова) // Геохимия. 1996. №12. С.1175-1182.
 17. Коржинский М.А., Ткаченко С.И., Романенко И.М., Штейнберг Г.С., Шмулович К.И. Геохимия и рениевая минерализация высокотемпературных газовых струй вулкана Кудрявый, остров Итуруп, Курильские острова // Докл. АН. 1993. Т.330, №5. С.627-629.
 18. Магазина Л.О., Самоин Н.Д., Знаменский В.С. Кадмийсодержащий вюртцит из fumarольного поля вулкана Кудрявый (о.Итуруп) по данным аналитической электронной микроскопии // Докл. АН. 1996. Т.348, №2. С.228-231.
 19. Магакия И.Г., Пиджян Г.О., Фармазян А.С. Особенности поведения рения в молибденитах месторождений медно-молибденового пояса Армянской ССР // Рений. Тр. II Всес. Совещ. по проблеме рения, 19-21 ноября 1962 г. М., 1964. С.26-29.
 20. Остапенко В.Ф. Морфология и строение кальдеры вулкана Медвежий (о.Итуруп, Курильские острова) // Известия Сахалинского отдела Географического общества СССР. Южно-Сахалинск, 1970. Вып.1. С.99-108.
 21. Петраченко Е.Д. Низкотемпературные молибденовые рудопроявления во вторичных кварцитах Курильских островов // Вопросы геологии рудных месторождений Дальнего Востока. Владивосток, 1972. С.136-140.
 22. Петраченко Е.Д. Оловянная минерализация на о.Итуруп (Курильские острова) // Докл. АН СССР. 1973. Т.213, №1. С.173-175.
 23. Самоин Н.Д., Магазина Л.О., Знаменский В.С. Структурно-морфологические характеристики природного дисульфида рения из fumarол вулкана Кудрявый, о.Итуруп, Курильские острова // Докл. АН. 1995. Т.345, № 4. С.518-522.
 24. Солодов Н.А., Семенов Е.И. Об условиях нахождения рения в природе // Геология руд. месторождений. 1997. Т.39, №1. С.106-108.
 25. Стефанов Ю.М., Широкий Б.И. Металлогения верхнего структурного этажа Камчатки. М.: Наука, 1980. 104 с.
 26. Фролова Т.И., Бурикова И.А., Гушин А.В., Фролов В.Т., Сывороткин В.Л. Происхождение вулканических серий островных дуг. М.: Недра, 1985. 275 с.
 27. Шадерман Ф.И., Кременецкий А.А. Новый сырьевой источник рения и перспективы его промышленного освоения // Отеч. геология. 1996. №8. С.17-21.
 28. Шадерман Ф.И., Кременецкий А.А., Волох А.А., Штейнберг Г.С. Современная парагазовая система вулкана Кудрявый - новый источник редких металлов: [Докл.] Минерал. ресурсы в XXI веке: Федерал. Геол. служба России. МГК-XXX, Пекин, 4-14 авг., 1996 // Отеч. геология. 1996. №4. С.46.
 29. Chil-Sup So, Duntchenko Vitaly Ya., Seong-Taek Yun, Maeng-Eon Park, Seon-Cyu Choi and Kevin L. Shelton Te- and Se-bearing epithermal Au-Ag mineralization, Prasilovskoye, Kunashir Island, Kuril Iland Arc // Econ. Geol. V.90. 1995. P.105-117.
 30. Kremenetsky A.A., Shaderman F.I., Steinberg G.S. and Volokh A.A. Metal loading of recent active zones of the earth crust: origin and practical perspectives // Proc. VIII-th Intern. Symposium on the observation at the contin. crust through drilling. Tsukuba, Japan, Feb.26-Mar.2, 1996. P.369-374.
 31. Korzhinsky M.A., Tkachenko S.I., Shmulovich K.I., Steinberg G.S. Native Al and Si formation // Nature. 1995. V.375. №6532. P.544.
 32. Korzhinsky M.A., Tkachenko S.I., Shmulovich K.I., Taran Y.A. and Steinberg G.S. Discovery of a pure rhenium mineral at Kudriavy volcano // Nature. 1994. V.369, № 6475. P.51-52.

33. Le Guern F., Gerlach T.M., and Nohl A. Field gas chromatographic analyses of gases from a glowing dome at Merapi volcano, Java, Indonesia // *Journ. Volcanol. and Geotherm. Res.* 1982. V.18. P.223-245.
34. Matsuo S., Suzuoki T., Kusakade M., Wada H. and Suzuki M. Isotopic and chemical composition of volcanic gases from Satsuma-Iwojima, Japan // *Geochem. Journ.* 1974. V.8. P.165-173.
35. Mizutani Y. Isotopic composition of volcanic stream from Showashinzan volcano, Hokkaido, Japan // *Geochem. Journ.* 1978. V.12. P57-63.
36. Steinberg G.S., Tkachenko S.I., Korzhinsky M.A., Znamensky V.S., Shmulovich K.I. New mineral of the Rhenium (ReS₂) in the high temperature fumaroles of Kudryavy volcano (Iturup Isl., Kuril Islands) // *Proc. of Intern. Volc. Congress, Ankara, 1994.* P.176.
37. Yamaoka K., Asakura E. Molybdenite from Yokoto-Kuroko deposit // *Journ. Assoc. Miner., Petrol. and Econ. Geol.* 1983. V.78. № 8. P.290-294 (яп., рез.англ.)

Поступила в редакцию 2 февраля 1998 г.

Рекомендована к печати В.И.Суховым

V.Ya.Dantchenko, A.V. Rybin, G.S. Shteinberg

Rhenium-bearing mineralization in the Kuril Islands

Besides earlier known Kudryavy volcano ore-occurrence, rhenium has been found in many other occurrences of the Kuril islands. Rhenium presence has been discovered both in the upper parts of ore-magmatic systems, containing sublimate molybdenite-sulphur ores from Quaternary volcanoes (in 4100 g/t), and in the low horizons, which host epithermal gold-silver and (barite-pyrite-) polymetallic ores (up to 25 g/t) in Neogene volcano-tectonic structures (VTS). The contrasts between rhenium-bearing parageneses of sublimate and epithermal ore-occurrences are due to the influence of ore-forming systems evolution gradient variation. Side by side with ReS₂-MoS₂ disulfides from the Kudryavy volcano, another Re-carrying and Re-concentrating MoPbBi minerals were discovered on the volcanoes of Bilibin, Ebeko, Novy (up to 46400 g/t), in the Prasolov VTS epithermal veins (up to 37400 g/t). Here are also rhenium-bearing sphalerites, pyrites, fahlert, and some minerals obtained due to artificial precipitation from volcanic gases. In the Kuril islands the known Re-Mo mineral compositions are like to molybdenite from both high-rhenium Cu-Mo-porphyry ores of the Kadzharan deposit (Armenia) and low-rhenium Yokoto-Kuroko deposit (Japan). For all studied kuril ores the rhenium positive correlation with Cd and In is estimated. One can interpret these data as evidence of the new rhenium-hosting minerals and parageneses, not known at present. The data obtained are important predictions for the discovery of rhenium-bearing deposits in the Kuril island arc. They make actual studying the regularities of rare-metal formation and their distribution in the island arc, as well as the mode of rare-metals direct recovering from volcanic gases.