

УДК 631.416.9

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ НАЛОЖЕННЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОРЕОЛОВ РАССЕЯНИЯ РУДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОЧВАХ КАМЧАТКИ

© 2010 Л.В. Захарихина

*Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683002;
e-mail: zlv63@yandex.ru*

Показано, что в районах сульфидных медно-никелевых рудопроявлений Камчатской никеле-носной провинции вторичные наложенные геохимические ореолы рассеяния рудных элементов формируются преимущественно в охристых иллювиальных горизонтах вулканических почв, залегающих в пределах этой территории (западное побережье Камчатки) в нижних частях профилей вулканических почв. В почвах территорий золотосеребряных оруденений на северо-востоке и юге Камчатки (месторождение «Озерновское» и рудопроявление «Порожистое») максимальное вторичное накопление большинства рудных и сопутствующих им элементов характерно также для иллювиальных охристых горизонтов, развитых в этих районах как в средних, так и в нижних частях профилей почв. Наиболее геохимически подвижные типоморфные элементы золотосеребряных оруденений (Ag, Sb, Te, Bi) в результате биогенного накопления концентрируются в поверхностных и подповерхностных органогенных горизонтах почв.

Ключевые слова: рудные элементы, ореолы рассеяния, вулканические почвы.

ВВЕДЕНИЕ

Имеющиеся традиционные инструкции и руководства по геохимическим поискам рудных месторождений (Инструкция..., 1983; Соловов, 1985) разработаны и хорошо применимы на территориях развития постлиггенных (нормальных, остаточных) почв. В последних, как правило, формируются хорошо выраженные остаточные литохимические ореолы рассеяния рудных месторождений с высокоаномальными содержаниями индикаторных элементов. В условиях постлиггенного почвообразования формирование почв происходит вниз за счет процессов выветривания и гипергенза горных пород. Продукты физического и химического выветривания горных пород представляют здесь минеральную основу почв, определяющих особенности их элементного состава. Почвы в значительной степени наследуют состав материнских пород геологического основания, в том числе в зонах геохимических рудных аномалий.

Для Камчатки характерны более сложные и менее благоприятные для геохимических поисков рудных месторождений условия. Здесь повсе-

местно развиты вулканические синлиггенные почвы, имеющие сложное полигенетическое строение. Формирование их профиля происходит, напротив, вверх в условиях постоянного аэрального поступления на поверхность земли свежего пирокластического материала, формирующего сложный профиль, состоящий из нескольких наложенных друг на друга элементарных профилей, в каждом из которых выделяются органогенные горизонты и подстилающие их прослойки вулканических пеплов. Регулярное поступление в почвы материала свежих вулканических пеплов, безусловно, влияет на трансформацию почвенного элементного состава. В почвах, «оторванных» от пород геологического основания вулканическими пеплами, и возможно формирование лишь наложенных геохимических ореолов рассеяния. Специфические почвы и условия их формирования требуют особого подхода к методике геохимических поисков.

Как показывают наши исследования, на фоновом уровне, на удалении от геохимических аномальных зон состав вулканических почв региона вне зависимости от их возраста и положения в разрезе (поверхностные или по-

гребенные органогенные горизонты) в большей степени и более устойчиво во времени подчинен составу подстилающих вулканических пеплов, а не составу пород геологического основания (Литвиненко, Захарихина, 2009). Установлено, что в целом вулканические почвы полуострова, формирующиеся на инертных геохимически обедненных вулканических пеплах, характеризуются бедным элементным составом относительно почв континентов.

В районах развития рудных месторождения наблюдается иная картина. Некоторым генетическим горизонтам вулканических почв Камчатки свойственны высокоаномальные содержания индикаторных элементов данных оруденений. Выявлению таких генетических образований и установлению условий формирования геохимических рудных аномалий в почвах Камчатки посвящена предлагаемая работа.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в пределах Камчатской никеленосной провинции (Селянгин, 2006, 2007; Трухин и др., 2008, 2009) на сульфидных медно-никелевых рудопоявлениях «Геофизическое» (Шанучское рудное поле, междуречье рек Ичи и Шануч) и «Тундровое» (среднее течение р. Левый Кихчик), а также на «Озерновское» убогосульфидном золотосеребряном месторождении (северо-восточные предгорья Срединного хребта, междуречье рек Левого Озерной и Перевальной) и рудопоявлении аналогичного типа «Порожистое» (Южная Камчатка, междуречье Карымчиной и Банной) (рис. 1).

Характер формирования вторичных наложенных геохимических ореолов рассеяния рудных элементов в почвенно-пирокластическом чехле территорий рудных месторождений Камчатки в первую очередь зависит от строения вулканических почв, сложенных минеральными пепловыми горизонтами и погребенными ими (органогенными). С учетом различного строения почв на территории полуострова выделены провинции и районы почв Камчатки (Захарихина, 2009).

Камчатская никеленосная провинция (рудопоявления «Геофизическое» и «Тундровое»), согласно предложенному районированию, расположена на территории Западного района Южной почвенной провинции. Так как названный район наиболее удален от центров активного вулканизма для вулканических почв, развитых на этой территории, то для него характерен наименее расчлененный пепловыми прослоями почвенный профиль. В его верхней части под поверхностным органогенным горизонтом залегает риолито-

дацитовый светло-серый пепел, имеющий возраст 2920 лет (возраст пепла приведен по данным лаборатории динамической вулканологии ИВиС ДВО РАН, устное сообщение О.А. Брайцевой), под которым нередко развит погребенный гумусовый прослой. В нижней части профиля почв всегда распространен ярко охристый иллювиальный горизонт «вмывания», сложенный также вулканическими пеплами. Согласно (Классификация..., 2004), горизонт принято обозначать индексом – VAN. Под ним часто диагностируются слаботрансформированные риолито-дацитовые светло-охристые вулканические пеплы извержения вулкана Хангар (ХГ) возрастом ~ 7770 лет (Брайцева и др., 1997).

Месторождение «Озерновское» находится в Западном районе Северной почвенной провинции. Для этого района характерны вулканические почвы, имеющие три-четыре элементарных профиля, содержащих погребенные гумусовые горизонты, подстилаемые прослоями белесых андезитовых пеплов извержений вулкана Шиве-

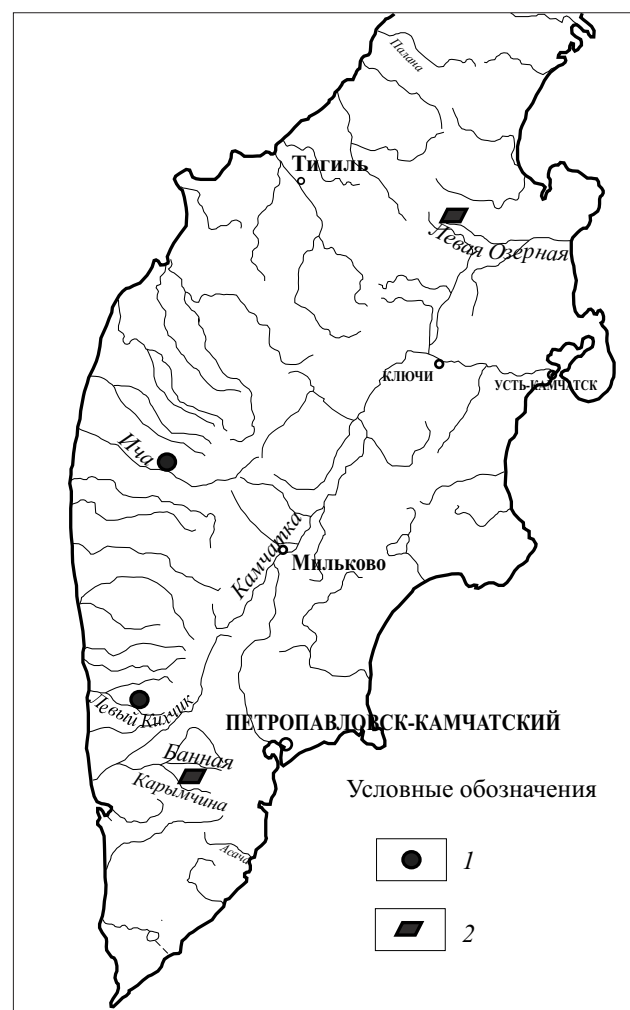


Рис. 1. Обзорная карта местоположения участков работ и районов рудопоявлений: 1 – сульфидных медно-никелевых, 2 – убогосульфидных золотосеребряных.

луч разных периодов его активности (Брайцева и др., 1985). В нижней части профиля почв также выражены яркоохристые горизонты, сложенные вулканическими пеплами.

Рудопроявление «Порожистое» располагается на юге Центрального района Южной почвенной провинции в непосредственной близости к вулканам Южной Камчатки. Здесь развиты вулканические слоисто-охристые почвы, имеющие большую мощность почвенных профилей (за счет близости источников тефры) и включающие большее количество элементарных профилей. Для них характерен профиль, состоящий из четырех-шести элементарных профилей. В верхней части почвенного профиля под поверхностным органогенным горизонтом в них распространен риолито-дацитовый пепел извержения вулкана Опала в 606 г.н.э. Второй пепловый прослой, залегающий под первым погребенным гумусовым горизонтом, отложился в результате извержения вулкана Ксудач в 236 г.н.э. (КС1). Средняя часть профиля сложена риолитовым пеплом извержения вулкана озера Чаша (Толмачев дол) ~ 1500 г. до н.э. (возраст ~ 3500 л.н.) (ОПтр). В нижней части распространены пеплы извержений вулкана Ксудач в 4907 г. до н.э. (андезитовый пепел) (КС2) и влк. Курильское озеро в 6459 г. до н.э. (риолито-дацитовый состав) (КО) (Брайцева и др., 1997). В средней и нижней частях профиля почв минеральные пепловые прослои диагностируются как охристые иллювиальные VAN. Как на рудопроявлении «Порожистое», так и в пределах площади месторождения «Озерновское» в ниже лежащей части общего профиля маркирующие пеплы хорошо диагностируются лишь на более или менее выположенных элементах рельефа. На крутых склонах последние залегают неоднородно, трудно опознаются, являясь заполнителем в делювиальном материале, либо отсутствуют вовсе.

Как видно из приведенных описаний, несмотря на разнообразное строение почв характеризуемых территорий, все они содержат в средних или нижних частях профилей охристые пепловые горизонты. Прослои эти специфичны, для вулканических почв (если в них выражены) является типодиагностическими, отражающими основные почвообразующие процессы, и, соответственно требующими отдельной, более детальной характеристики.

Охристые горизонты почв Камчатки сложены продуктами извержений разных источников и отчасти являются результатом вторичного пеплоотложения, как правило, среднеголоценовых пеплов. В них иногда диагностируются пеплы известных и датированных извержений (к примеру, пепел кальдеобразующего извержения вулкана Ксудач в 4907 г. до н.э.), залегающие в горизонтах

VAN незначительными по мощности прослоями. В целом же охристые генетические образования представляют собой так называемую «слепую толщу», сложенную, как отмечено выше, пеплами разных извержений среднеголоценового возраста.

Наиболее специфическими свойствами охристых горизонтов, отличающими их от всех других минеральных горизонтов почв, сложенных вулканическими пеплами являются следующие:

- в почвенном профиле охристые горизонты являются всегда самыми яркоокрашенными;
- пепловый материал, их слагающий, наиболее трансформирован, хорошо выветрен, о чем свидетельствуют микроморфология пеплов и так называемое выраженное явление псевдо-тиксотропии (выделение влаги при разминании структурных отдельностей);
- охристые горизонты характеризуются аномально высоким содержанием валового железа (8-10%) и алюминия (15-20%) и высоким содержанием подвижных форм данных элементов. Эта особенность обязана метаморфозу пеплов и иллювиальным почвенным процессам – выносу вновь образованных органоминеральных соединений с железом и алюминием вниз по профилю почв с частичным закреплением их в срединных иллювиальных горизонтах «вымывания», каковыми являются охристые прослои.

МЕТОДИКА

Изучение почв проведено в зонах влияния установленных аномальных (рудных) объектов названных рудопроявлений; опробованы характерные генетические горизонты почв, в которых определен валовый микроэлементный состав. Для исследования почв сульфидных медно-никелевых рудопроявлений применен спектральный полуколичественный анализ (как правило, повсеместно используемый при геохимических поисках). В ряде почвенных разрезов содержание элементов (для заверения данных спектрального анализа) дополнительно определено более тонким и точным масс-спектрометрическим методом с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) с разложением почв смесью фтористоводородной (HF), хлорной (HClO₄) и азотной (HNO₃) кислот.

Ввиду того что концентрации микроэлементов-спутников золотого оруденения месторождения «Озерновское» и рудопроявления «Порожистое» (селен, теллур, мышьяк, сурьма, ртуть) находятся за пределами обнаружения спектрального анализа, валовые содержания микроэлементов в почвах этих объектов определены ICP-MS методом.

Для исследуемых генетических горизонтов почв установлены параметры местного геохимического фона (Сф – среднее содержание элемента в почвах вне явных геохимических аномалий) и безразмерные геохимические показатели, величины которых напрямую зависят от миграционной активности микроэлементов в природных процессах. В качестве последних приняты: для сульфидных медно-никелевых рудопроявлений – коэффициенты концентрации элементов $K_c = C_i / C_{сф}$, где C_i – содержание микроэлементов в исследуемом генетическом горизонте почв; для золото-серебряных руденений – средне-аномальные коэффициенты концентрации $K_{ср} = C_{ср.а} / C_{сф}$, где $C_{ср.а}$ – среднегеометрические концентрации элементов в почвах, превышающие третий уровень аномальности Ca_3 .

Из большого спектра определяемых элементов в расчеты включены только рудные элементы и их спутники, имеющие не только достаточное количество значащих аналитических определений, но и существенный размах значений, позволяющий судить о миграции и аккумуляции элемента в почвенном профиле.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Почвы, развитые в пределах исследованных районов согласно (Классификация..., 2004), по генезису относятся к стволу синлитогенных почв, к двум его отделам – вулканическим и слаборазвитым почвам. Внутри отдела вулканических почв выделяются два типа: вулканические охристые почвы и почвы, занимающие промежуточное положение между литоземами и вулканическими почвами, выделяемые нами как литоземы вулканические. Внутри отдела слаборазвитых почв выделяются аллювиальные почвы. Роль фактора, определяющего дифференциацию почв внутри типов, выполняет растительный покров. Под разными растительными сообществами внутри одного типа выделяются почвы, отличающиеся характером сложения верхних органогенных горизонтов.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РУДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ГЛУБИНЫМ ГОРИЗОНТАМ ПОЧВ В РАЙОНАХ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ

На медно-никелевом рудопроявлении «Геофизическое» в зону влияния рудных геохимических аномалий попадают подтипы почв: развитые под каменными березняками разнотравно-кустарниковыми – вулканические охристые грубогумусовые; распространенные в автономных элювиальных ландшафтах под горной тундрой лишайниково-кустарниковой – литоземы вул-

канические перегнойные; сформированные на пойменных поверхностях под камчатским высоко-котравьем – аллювиальные перегнойные.

Характер распределения химических элементов по горизонтам почвенного профиля вулканических охристых грубогумусовых почв на участке «Геофизический» изучен по разрезам, заложенным в зоне рудопроявления № 1 над выходами выветрелых оруденелых габбро-перидотитов на северном, верхнем фланге рудопроявления (разрезы № 38, 39, 41, 112) и в южной его части, у подножья склона (разрез № 122) (рис. 2). Основные отличия в ландшафтных условиях изученных участков заключаются в крутизне склона. С этим же связаны и некоторые различия в строении почв этих территорий. В условиях более выположенного рельефа (южная часть рудопроявления, разрез № 122) почвы имеют полный профиль, включающий все генетические горизонты, сложенные вулканическими пеплами, характерными для территории. В верхней части их профиля под поверхностным грубогумусовым горизонтом (АО) залегает риолито-дацитовый светло-серый пепел, имеющий возраст 2920 лет. Пепел имеет тонкий гранулометрический состав (средняя супесь), хорошо проработан процессами почвообразования, насыщен тонкодисперсным органическим веществом и диагностируется как горизонт А1 – гумусово-аккумулятивный. Подстиляется этот прослой погребенным органогенным горизонтом, выполняющим в современном профиле роль иллювиально-гумусового горизонта Вh. В средней части профиля почв развит охристый иллювиальный горизонт ВАН. В пределах района исследований в его состав могут входить пеплы извержений: влк. Ксудач – 4907 г. до н.э. (андезитовый пепел) и влк. Курильское озеро – 6459 г. до н.э. (риолито-дацитовый пепел) (Брайцева и др., 1997).

Охристый горизонт в зоне рудопроявления подстиляется не делювием горных пород, как по всему склону горы Ясная, а сильноожеженной породой, образованной выветрелыми габбро-перидотитами. Характеризуемый горизонт сложен песчаным материалом с включением слабоокатанной дресвы (~ 30% от объема материала). Он диагностируется в профиле как почвоподстилающий – D (не обнаруживающий генетической связи с современной почвой). Морфологически он схож с охристым горизонтом ВАН, мезоморфологически (под лупой ×10) обнаруживает отличия. Его структурные отдельности имеют преимущественно пластинчатые формы с острыми краями и гранями, не образуя аморфную, «светящуюся», рыхлоупакованную массу, характерную для пеплового горизонта ВАН. В пределах характеризуемой площади он

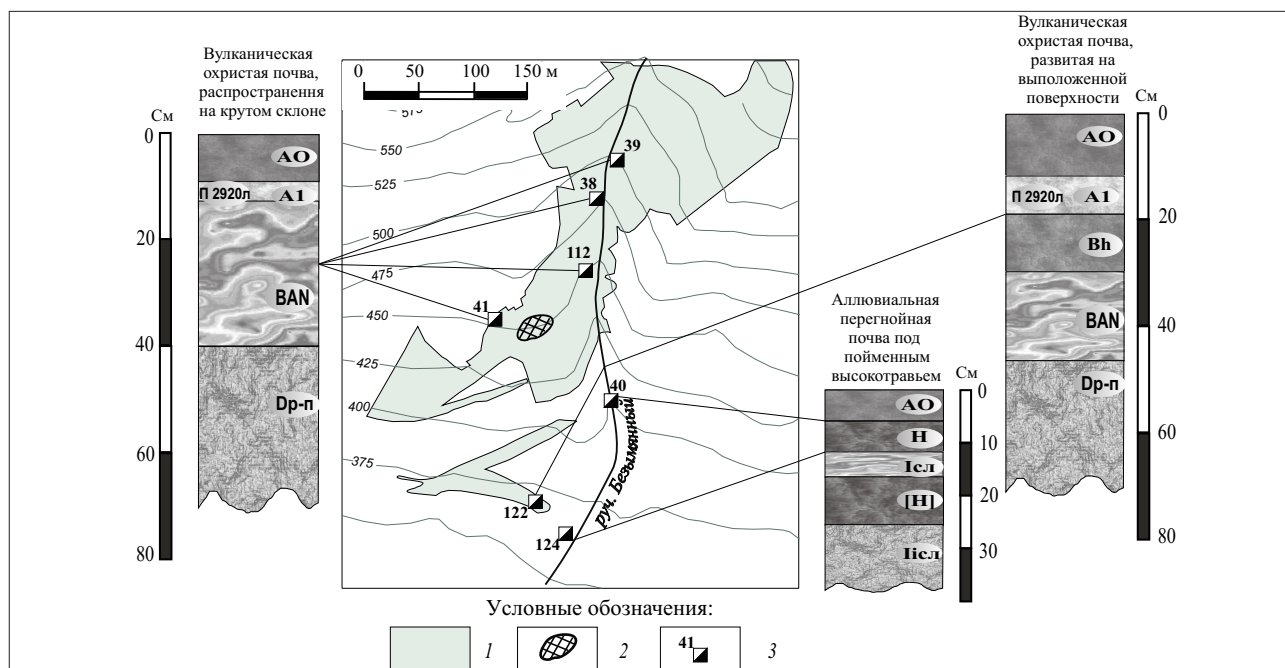


Рис. 2. Строение типичных почв рудопроявления «Геофизическое»: 1 – габбро-перидотиты дукукского комплекса; 2 – выход к поверхности рудной зоны – по (Пилипчук и др., 2007*); 3 – места заложения опорных разрезов, их номера. Почвенные горизонты: АО – грубогумусовый, А1 – гумусовый аккумулятивный, Н – перегнойный, Вh – иллювиально-гумусовый, ВАН – охристый иллювиальный, Др-п – почвоподстилающий (выветрелые габбро-перидотиты); П2920 л. – пепел неопознанной принадлежности (возраст 2920 лет).

*Пилипчук Н.А., Вешняков Н.А., Кувакин Г.В. и др. Отчет о результатах детальных поисковых работ на участках «Графитовый» и «Геофизический» Шанучского рудного поля за 2003-2006 годы. Фондовые материалы ЗАО НПК «Геотехнология». Петропавловск-Камчатский, 2007. 228 с.

достаточно хорошо выдержан, описан нами на высотах от – 350 м (разрез № 122) до 500 м (разрез № 39).

Для почв, образованных на склонах со значительной крутизной (20° и более), свойственно несколько иное строение. Их поверхностные органогенные горизонты сформированы непосредственно на иллювиальных пепловых охристых горизонтах ВАН. В почвах иногда слабо выражены приповерхностные прослой серых пеплов и отсутствуют иллювиально-гумусовые горизонты Вh. Подобное строение обусловлено, вероятно, склоновыми процессами, не позволившими отложиться на этих элементах рельефа молодым пепловым горизонтам, распространенным на выположенных участках территории под поверхностными органогенными горизонтами.

Для характеристики морфологического строения охристых почв, подстилаемых габбро-перидотитами, приведем описание разреза № 112, заложённого на правом борту руч. Безмянный, в северной части участка. Почва развита под каменно-березовым разнотравно-кустарниковым лесом. Борт ручья, обнажен подъездным проездом к буровой площадке. Разрез описан в зачистке обнажения. Абсолютная отметка – 465 м над уровнем моря. Склон западной экспозиции, крутизной ~ 30°.

О, 0-0.5 см. Слаборазложившаяся, листва трав;

АО, 0.5-7 см. Грубогумусовый, бурый, рыхлый, тонкие корни, переход ясный, граница не выражена.

А1(П1), 7-9 см. Бурый, слабовыраженный;

ВАН(П2), 10-40 см. Ярко-охристый, выражена псевдотиксотропия (ПТК), в нижней части сильнее, рыхлый, редкомелкие корни, в нижней части отмечаются включения дресвы из нижележащего, переход неясный по границе корней и крупности материала;

Др-п, 40-100 см. Ярко-охристый, выветрелая порода габбро-перидотитов, дресва, щебень с песчаным, супесчаным заполнителем, мезоморфологически пластинчатые частицы разных размеров с острыми гранями и краями, одетые в желтые и яркокофейно-охристые пленки, степень выветрелости материала близка к таковой, свойственной вышележащему горизонту.

Наблюдается значительное обогащение поверхностного органогенного горизонта почв широким спектром рудных микроэлементов при залегании его непосредственно на охристом иллювиальном, пепловом горизонте вмывания

(BAN) (разрезы № 38, 39, 41, 112), содержащем значительные надфоновые количества данных микроэлементов (табл. 1). При этом их концентрации в поверхностном горизонте почв близки к концентрациям в подстилающих образованиях.

Такое обогащение микроэлементами поверхностного органогенного горизонта почв не наблюдается при наличии между ним и богатым микроэлементами охристым иллювиальным горизонтом (BAN) гумусово-аккумулятивного горизонта A1 (образованного вулканическим пеплом) и подстилающего иллювиального гумусового горизонта Bh (разрез № 122).

При этом необходимо отметить, что во всех случаях для охристых иллювиальных горизонтов вулканических почв отмечаются достаточно высокие коэффициенты концентрации основных рудных элементов (Cu, Ni), зачастую сопоставимые с аналогичными показателями, характерными для горизонтов D, сложенных оруденелыми породами (выветрелые ожелезненные габбро-перидотиты). Так среднее значение Kc (рассчитанное по данным всех, исследованных разрезов охристых почв) Cu для охристых иллювиальных горизонтов составляет 3.16, для оруденелого горизонта D – 3.45. Средний Kc Ni в охристых горизонтах имеет показатель 12.63, в горизонте D – 13.84 единицы.

Выше зоны влияния рудопроявления № 1 на высоких гипсометрических уровнях под горной тундровой растительностью в маломощных литоземах вулканических также установлены повышенные надфоновые концентрации микроэлементов, типоморфных для медно-никелевого оруденения (разрезы № 24, 26, 27).

Литоземы вулканические характеризуются маломощностью почвенного профиля и фрагментарность распространения. Характерные пепловые прослои, слагающие почвенно-пирокластический чехол на близлежащих, более пониженных элементах рельефа территории, в них не выделяются. Отсутствие хорошо выраженных пепловых горизонтов в почвах, развитых на элювиальных поверхностях связано, вероятно, с двумя причинами. Частично пирокластическая, поступающая на такие территории, заполняет пустоты крупнообломочного материала горных пород, просыпаясь на глубину, частично смывается атмосферными и паводковыми водами. Однако кроме продуктов выветривания горных пород в мелкоземистом заполнителе щебнистого элюводелювия в них всегда присутствует вулканический пепел, в котором распознается материал, слагающий охристые горизонты почв, развитых в пониженных элементах рельефа территории.

В почвах, развитых под горной кустарничковой тундрой выделяется, как правило, достаточно хорошо развитый высокогумусированный

перегнойный горизонт H. Мощностью до 25 см. Под более бедными, преимущественно лишайниковыми тундрами горизонт H в почвах выражен слабее и имеет незначительную (5-7 см) мощность. Более или менее проявленные признаки перегнойности обнаруживаются в них в поверхностном маломощном органогенно-оторфованном горизонте Атп. Под перегнойными горизонтами выделяется почвообразующий каменистый горизонт (CBAN) с мелкоземистым заполнителем, в котором распознается пепловый охристый материал.

Приведем описание строения горных тундровых почв на примере разреза № 27. Абсолютная отметка – 1020 м н. у. м. Выположенная водораздельная поверхность. Горная тундра лишайниково-голубичная, проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса составляет 50%.

O, 0-5 см. Бурый, слабо разложившиеся стебли кустарников и рыхлый очес сфагнума;

Adt, 5-10 см. Темно-бурый, дерновинный, оторфованный, с признаками перегнойности.

H, 10-16 см. Очень темно-бурый, почти черный, жирной мажущейся консистенции, перегнойный, переход четкий, граница кармановидная;

CBAN 16 см и глубже. Неоднородный, серовато-бурый, линзы и пятна желтых и охристых пеплов с выраженной в них явлением ПТК, к низу охристые тона более насыщенные, тяжелый суглинок, с глубины 20 см грубообломочный делювий;

Известно, что вторичное накопление элементов чаще свойственно не минеральным образованиям, а органогенным почвенным горизонтам, содержащим тонкодисперсное органическое вещество, способствующее образованию органо-минеральных комплексов. Однако, как следует из табл. 1, несмотря на близкое залегание к делювию высокогумусированных перегнойных горизонтов, для литоземов вулканических характерны наиболее высокие коэффициенты концентрации рудных элементов для почвообразующих горизонтов CBAN, содержащих охристые вулканические пеплы. Среднее значение коэффициента концентрации Ni для них составляет значение 138.41, Cr – 19.62 единицы.

Как правило, для большинства рудных объектов Камчатки характерно существенное накопление индикаторных микроэлементов также в аллювиальных почвах, развитых на пойменных поверхностях и в прирусловых частях водотоков, дренирующих выходы рудных тел и связанные с ними геохимические аномалии. Изучение аллювиальных почв в пойме руч. Безымянный, омывающего с востока рудопроявление «Геофизическое», показало значительное накопление рудных элементов в высокогумусированных

Таблица 1. Валовые содержания микроэлементов (С), мг/кг, и их коэффициенты концентрации (Кс) в почвах медно-никелевых рудопроявлений.

Номер разреза	Почвенный горизонт.	Глубина отбора, см	Cu		Mn		V		Cr		Ni		Zn		Co	
			С	Кс	С	Кс	С	Кс	С	Кс	С	Кс	С	Кс	С	Кс
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Рудопроявление «Геофизическое»																
Вулканические охристые грубогумусовые почвы. Каменный березняк разнотравно-кустарниковый																
Гф 38-07	АО	0-12	50	0.91	1000	1.73	150	1.32	1000	14.71	10	1.73	70	1.54	20	2.40
	А1	12-16	50	0.91	400	0.69	100	0.88	700	10.30	7	1.21	30	0.66	10	1.20
	ВАН	12-22	200	3.63	1000	1.73	150	1.32	1000	14.71	50	8.65	100	2.20	50	6.00
	Др-п	35-45	300	5.45	1000	1.73	150	1.32	1500	22.07	50	8.65	100	2.20	50	6.00
Гф 39-07	АО	0-16	150	2.72	2000	3.45	150	1.32	1000	14.71	30	5.19	70	1.54	30	3.60
	А1	16-27	50	0.91	500	0.86	150	1.32	700	10.30	10	1.73	50	1.10	10	1.20
	ВАН	27-37	300	5.45	1000	1.73	150	1.32	1500	22.07	50	8.65	100	2.20	50	6.00
	Др-п	40-50	300	5.45	1000	1.73	150	1.32	1500	22.07	50	8.65	100	2.20	50	6.00
Гф 41-07	АО	0-10	40	0.73	500	0.86	150	1.32	200	2.94	30	5.19	200	4.41	15	1.80
	А1	23-35	20	0.36	400	0.69	100	0.88	100	1.47	20	3.46	150	3.31	10	1.20
	ВАН	35-45	100	1.82	400	0.69	200	1.76	200	2.94	150	25.95	300	6.61	50	6.00
	Др-п	60-70	150	2.72	500	0.86	200	1.76	300	4.41	150	25.95	200	4.41	40	4.80
Гф 112-07	Др-п	70-80	100	1.82	500	0.86	150	1.32	300	4.41	200	34.60	200	4.41	50	6.00
	АО	0-7	100	1.82	3000	5.18	150	1.32	1000	14.71	40	6.92	70	1.54	100	11.99
	А1	7-9	100	1.82	3000	5.18	200	1.76	1000	14.71	15	2.60	150	3.31	100	11.99
	ВАН	9-19	200	3.63	3000	5.18	150	1.32	1500	22.07	10	1.73	200	4.41	100	11.99
Гф 112-07	ВАН	30-40	300	5.45	3000	5.18	150	1.32	1500	22.07	15	2.60	200	4.41	150	17.99
	Др-п	40-50	100	1.82	700	1.21	150	1.32	1500	22.07	30	5.19	200	4.41	30	3.60
	Др-п	90-100	150	2.72	1000	1.73	150	1.32	2000	29.43	40	6.92	400	8.81	50	6.00

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ

Таблица 1. Продолжение.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Гф 122-07	АО	0-10	15	0.27	300	0.52	70	0.62	100	1.47	20	3.46	-	-	-	
	А1	25-35	30	0.54	400	0.69	100	0.88	300	4.41	7	1.21	70	1.54	5	0.60
	Вh	37-48	30	0.54	1000	1.73	100	0.88	500	7.36	5	0.87	150	3.31	10	1.20
	ВАН	48-58	70	1.27	700	1.21	150	1.32	1000	14.71	100	17.30	500	11.02	50	6.00
	Др-п	58-68	100	1.82	700	1.21	100	0.88	1500	22.07	70	12.11	300	6.61	40	4.80
Литоземы вулканические перегнойные. Горная тундра лишайниково-кустарниковая																
Гф 24-07	АН	4-6	30	0.54	300	0.52	70	0.62	400	5.89	100	17.30	-	-	5	0.60
	СВАН	8.5-15	50	0.91	500	0.86	100	0.88	1500	22.07	1000	173.01	30	0.66	50	6.00
Гф 26-07	Ad	3-9	20	0.36	150	0.26	50	0.44	300	4.41	100	17.30	-	-	3	0.36
	Н	9-19	50	0.91	200	0.35	70	0.62	700	10.30	300	51.90	-	-	15	1.80
	СВАН	19-25	100	1.82	700	1.21	200	1.76	1500	22.07	1000	173.01	70	1.54	70	8.39
Гф 27-07	Н	10-16	70	1.27	200	0.35	100	0.88	500	7.36	100	17.30	-	-	10	1.20
	СВАН	16-23	100	1.82	300	0.52	150	1.32	1000	14.71	400	69.20	50	1.10	50	6.00
Аллювиальные перегнойные почвы. Пойменный ольхово-ивовый высокоствольный лес																
Гф 20-07	АО	0-5	70	1.27	3000	5.18	70	0.62	70	1.03	300	51.90	100	2.20	30	3.60
	Н	5-10	100	1.82	700	1.21	150	1.32	1000	14.71	1000	173.01	70	1.54	50	6.00
Гф 124-07	Ad	0-9	70	1.27	500	0.86	150	1.32	700	10.30	200	34.60	200	4.41	10	1.20
	[Н]	15-26	70	1.27	700	1.21	150	1.32	700	10.30	200	34.60	300	6.61	20	2.40
Рудопроявление «Гундровое»																
Вулканические охристые перегнойные почвы. Ольховый стланик лангдорфвейниковый																
Тр4-07	Н	13-25	30	1.46	1000	4.61	150	4.15	200	29.94	100	34.48	70	3.29	10	4.17
	А1	25-30	50	2.44	1500	6.92	200	5.53	300	44.91	150	51.72	150	7.04	15	6.25
	Вh	30-37	300	14.65	1000	4.61	150	4.15	300	44.91	200	68.97	150	7.04	15	6.25
	ВАН	45-50	3000	146.48	1500	6.92	100	2.76	400	59.88	400	137.93	200	9.39	30	12.50
	ВАН	60-67	2000	97.66	1500	6.92	200	5.53	400	59.88	500	172.41	200	9.39	20	8.33

Таблица 1. Окончание.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Тр7-07	Н	13-29	20	0.98	400	1.84	100	2.76	100	14.97	50	17.24	30	1.41	5	2.08
	Вh	29-39	500	24.41	1000	4.61	200	5.53	300	44.91	500	172.41	100	4.69	20	8.33
	ВАН	39-49	3000	146.48	2000	9.22	150	4.15	500	74.85	1500	517.24	200	9.39	70	29.17
Литоземы вулканические перегнойные. Горная тундра лишайниково-кустарниковая																
Тр 2-1	Адг	0-3	7	0.52	100	0.95	50	1.40	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ад	3-7	7	0.52	100	0.95	70	1.95	-	-	5	1.18	-	-	-	-
	Н	7-9	20	1.49	500	4.74	150	4.19	50	9.04	5	1.18	-	-	3	1.81
	А1	10-14	20	1.49	400	3.79	300	8.38	70	12.66	40	9.41	50	3.33	5	3.01
	Вh	14-20	15	1.12	300	2.84	150	4.19	50	9.04	-	-	-	-	-	-
Тр 2-6	ДВАН	20-30	3000	224.05	1500	14.21	150	4.19	200	36.17	3000	705.88	100	6.67	70	42.17
	Адг	0-11	5	0.37	70	0.66	30	0.84	-	-	-	-	<30	<2	-	-
	Н	11-19	7	0.52	400	3.79	100	2.79	10	1.81	-	-	-	-	-	-
Тр 2-6	ДВАН	19-25	10	0.75	300	2.84	100	2.79	50	9.04	<5	<1	-	-	-	-

Примечание. Анализы выполнены в аналитическом сертифицированном центре Бронницкой геолого-геохимической экспедиции (БГГЭ), г. Москва.

перегнойных горизонтах аллювиальных почв, развитых под высокотравными растительными сообществами. Так, средний коэффициент концентрации Ni для этих горизонтов составил 103.81.

Для получения наиболее полного спектра аномальных элементов и заверения результатов полуколичественного спектрального анализа для почв, развитых в поясе каменно-березовых лесов над выходами выветрелых оруденелых габбро-перидотитов в зоне рудопроявления № 1 «Геофизическое», установлены содержания микроэлементов в почвах ICP-MS методом.

Расчеты коэффициентов концентраций (Кс) элементов по данным ICP-MS анализа (табл. 2) в целом подтвердили выявленные особенности накопления рудных и сопутствующих им элементов в почвах по результатам спектрального анализа, выражающиеся во всех случаях повышенными содержаниями элементов в охристом иллювиальном горизонте (BAN) и обогащенностью поверхностного органогенного горизонта почв широким спектром рудных микроэлементов при залегании его непосредственно на охристом иллювиальном.

На рудопроявление «Тундровое» в качестве

источников формирования вторичных наложенных геохимических ореолов рассеяния рудных элементов в почвенно-пирокластическом чехле территории выступает сульфидная медно-никелевая минерализация, приуроченная к двум небольшим массивам габбро-гипербазитов, расположенных примерно на одном гипсометрическом уровне в 600 м друг от друга (рис. 3). Рудная залежь № 2 находится в южной части участка в поясе горных тундр, где распространены литоземы-вулканические перегнойные. Рудная залежь № 1 приурочена к северо-западному выходу гипербазитов, находится в поясе ольховых и кедровых стлаников с развитыми под ними вулканическими охристыми перегнойными и вулканическими охристыми сухоторфяно-перегнойными почвами соответственно.

В целом почвы территории по строению и свойствам схожи с почвами рудопроявления «Геофизическое». Основное отличие заключается в характере сложения поверхностных и приповерхностных органогенных горизонтов, являющихся перегнойными под ольховыми стланиками и сухоторфяно-перегнойными под кедровыми.

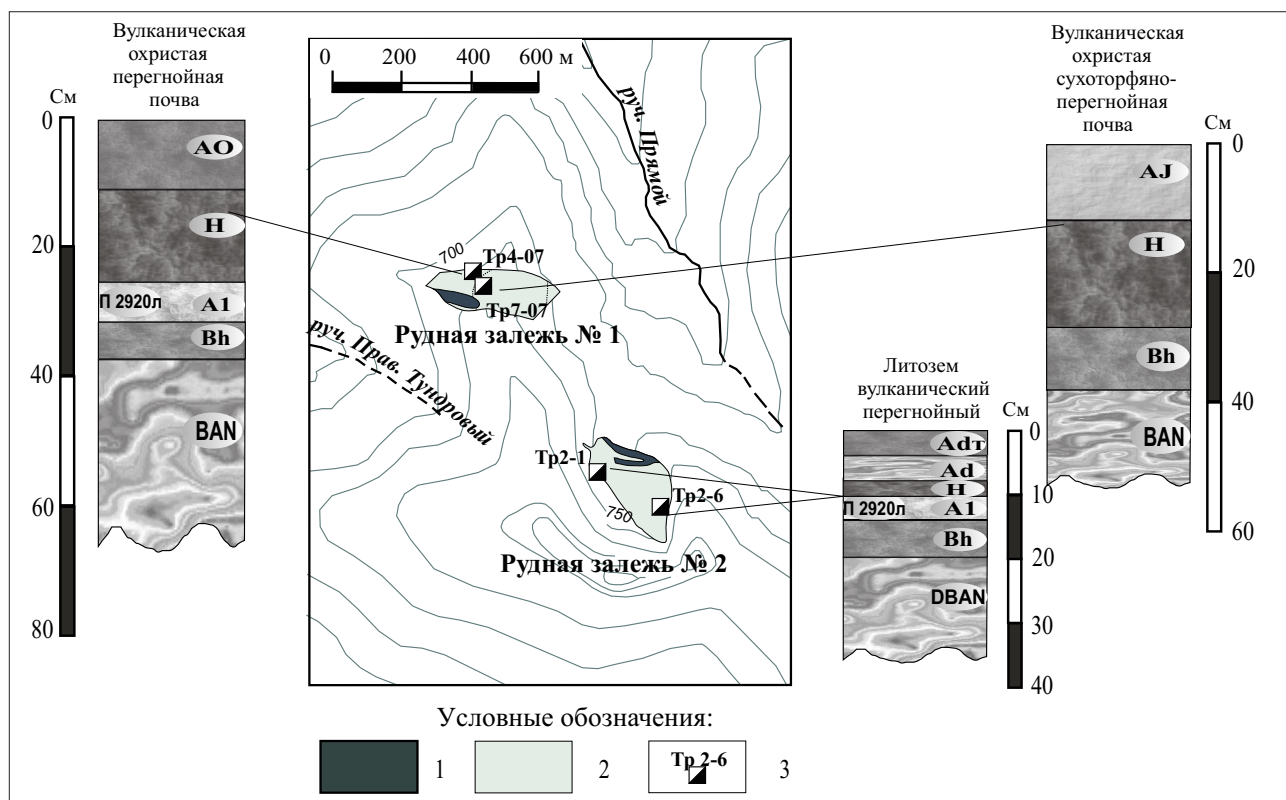


Рис. 3. Строение характерных почв рудопроявления «Тундровое»: 1 – залежи сульфидных медно-никелевых руд; 2 – рудомещающие габбро и гипербазиты по (Гумовский, 1990*); 3 – места заложения опорных разрезов, их номера. Почвенные горизонты: AO – грубогумусовый, AJ – сухоторфяный, A1 – гумусовый аккумулятивный, H – перегнойный, Bh – иллювиально-гумусовый, BAN – охристый иллювиальный; П2920 л. – пепел неопознанной принадлежности (возраст 2920 лет).

*Гумовский А.С. Отчет о результатах поисков медно-никелевых месторождений на участке Квинум за 1988-1990 годы. Фондовые материалы ФГУ «Территориальный фонд информации по ДФО», 1990. 312 с.

Таблица 2. Коэффициенты концентрации микроэлементов в горизонтах вулканических охристых гумусовых почв над выходами выветрелых оруденелых габбро-перидотитов рудопроявления «Геофизическое» (по данным ICP-MS анализа).

Генетический горизонт, индекс	Глубина отбора, см	Коэффициенты концентрации Кс														
		Li	Sc	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Mo	Te	Cs	Hg	Bi
Поверхностный органогенный. АО.	0-7	1.06	2.42	41.46	2.06	3.37	2.35	0.95	1.65	0.60	1.03	0.31	1.91	2.88	-	0.75
Охристый иллювиальный, пепловый, горизонт вымывания. ВАН.	9-40	1.83	2.18	67.84	2.16	5.20	3.40	1.13	2.79	<0.14	0.88	0.20	3.82	0.49	-	0.57
Подстилающая порода. D (выветрелые габбро-перидотиты).	40-100	2.12	2.18	71.61	2.06	4.01	4.64	1.46	2.82	<0.14	<0.41	0.20	0.93	0.58	-	0.57
Разрез № 122																
Поверхностный. АО.	0-10	0.13	<0.36	0.90	0.31	0.24	2.16	0.66	0.75	<0.14	1.13	0.45	<0.2	0.23	5.70	0.41
Гумусово-аккумулятивный. А ₁	25-35	0.88	1.04	7.92	1.28	0.91	1.04	0.90	0.86	0.92	1.13	1.38	<0.2	1.32	-	0.98
Иллювиально-гумусовый. горизонт вымывания. Вн.	37-47	0.88	0.88	6.41	2.18	1.64	1.24	0.93	0.78	0.57	1.01	0.94	1.24	1.15	-	0.75
Охристый иллювиальный. пепловый. горизонт вымывания. ВАН.	48-58	1.88	1.69	56.54	1.46	5.01	7.18	2.25	1.41	1.18	<0.41	0.69	2.10	1.69	-	1.96
Подстилающая порода. D (выветрелые габбро-перидотиты).	100-110	1.65	1.69	71.61	1.80	4.92	7.84	0.68	3.92	0.54	0.71	0.56	2.77	0.49	-	1.47

Примечание. Анализы выполнены в Аналитическом сертификационном испытательном центре Всероссийского научно-исследовательского института минерального сырья им. Н.М. Федоровского» (ВИМС), г. Москва.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ

Кроме того, как видно из табл. 1, литоземы-вулканические на этой территории иногда имеют более мощный и сложный по строению почвенный профиль, состоящий из 5-6 генетических горизонтов, включающих поверхностный дерново-оторфованный (Adt) и дерновый горизонты (Ad), подстилаемые хорошо выраженным перегнойным (H), сформированным на горизонте уже упомянутого выше серого риолито-дацитового пепла, выполняющего роль гумусово-аккумулятивного горизонта A1, под которым распространен иллювиально-гумусовый горизонт Bh, а в нижней части профиля развит почвоподстилающий горизонт DBAN, включающий материал охристых вулканических пеплов.

Анализ данных, приведенных в табл. 1, показывает, что наиболее высокие и устойчивые коэффициенты концентрации Kс микроэлементов в почвах этого участка характерны:

– для охристых иллювиальных пепловых горизонтов BAN в стланиковых лесах, в пределах

площади рудной залежи № 1 (разрезы № Тр4-07, Тр7-07);

– для почвоподстилающих горизонтов DBAN, включающих материал охристых вулканических пеплов в поясе горных тундр, в зоне влияния рудной залежи № 2 (разрезы № Тр 2-1, Тр 2-6).

ЗАКОНОМЕРНОСТИ АККУМУЛЯЦИИ РУДНЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И ЭЛЕМЕНТОВ СПУТНИКОВ В ПОЧВАХ ЗОЛОТОСЕРЕБРЯНЫХ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ

Все рудные тела и их первичные геохимические ореолы «Озерновское» месторождения распространены преимущественно в поясе ольховых стлаников с развитыми под ними вулканическими охристыми перегнойными почвами. По пространственному признаку рудоносные зоны и жилы месторождения представлены пять участками: Каюрковский, Прометей, Хомут, Промежуточный, БАМ (рис. 4). Результаты

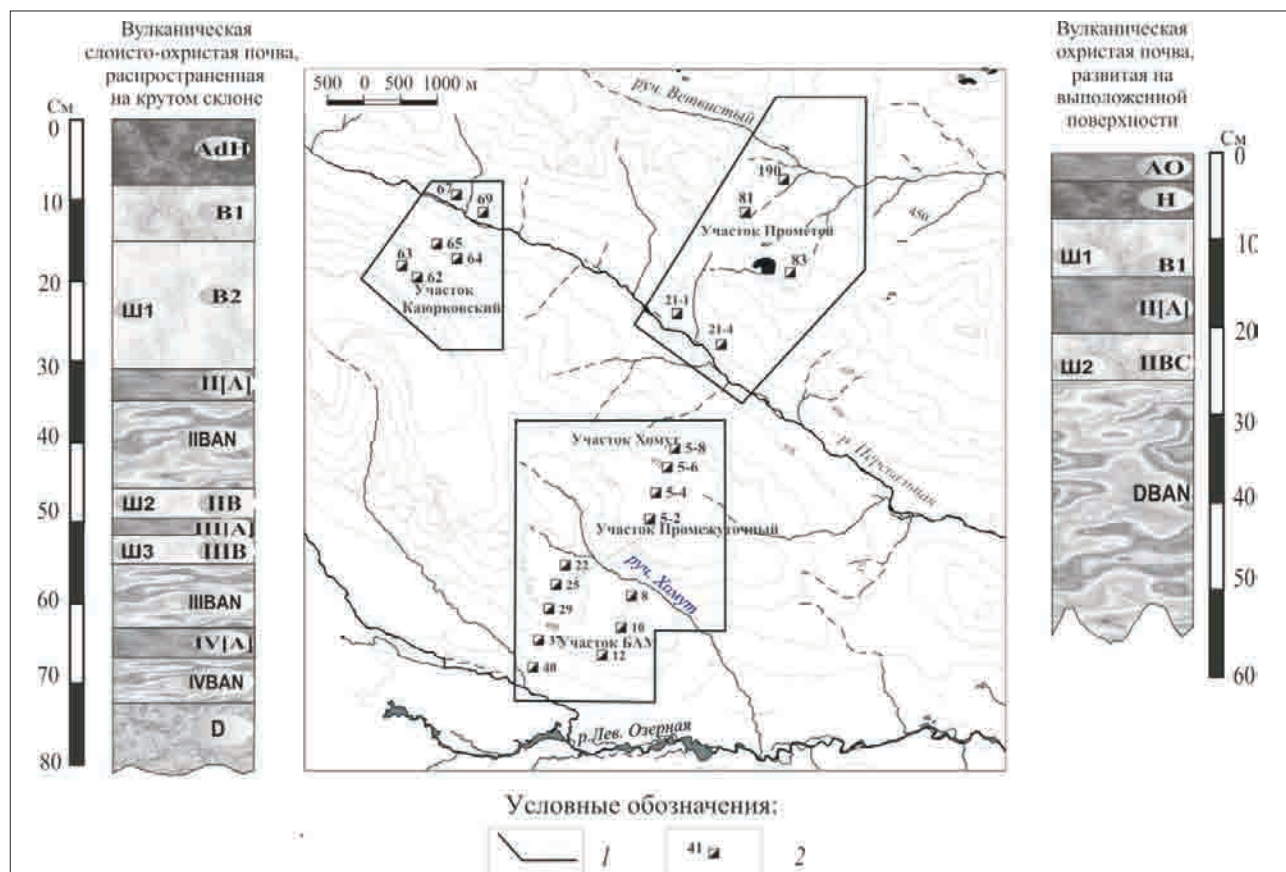


Рис. 4. Типичные почвенные профили, характерные для территории месторождения «Озерновское». 1 – границы перспективных участков с рудоносными зонами и жилами месторождения по (Евсеев, 1981*); 2 – места заложения опорных разрезов, их номера. Почвенные горизонты: АО – грубогумусовый, AdH – дерново-перегнойный, H – перегнойный, B1,2 – переходные, II III IV [A] – погребенные гумусовые, II III IV BAN – охристые иллювиальные, D – почвоподстилающий; Ш1, Ш2, Ш3 – пеплы извержений влк. Шивелуч разных периодов его активности (извержений 350, 970, 1400 л. н. соответственно). Возрасты подстилающих пеплов по (Брайцева и др., 1985).

*Евсеев Г.Н. Отчет об общих поисках золоторудных тел в истоках р. Лево́й Озерной в 1979-1981 гг. Фондовые материалы ФГУ «Территориальный фонд информации по ДФО», 1981. 178 с.

почвенно-геохимических исследований, проведенных на всех участках, объединены с выделением характерных генетических горизонтов почв стланикового пояса.

Как отмечено выше, почвы территории отличаются большей слоистостью и полигенетичностью профиля, чем на западе Камчатки. Профиль их включает, как правило, три органогенных горизонта, перекрытых пеплами извержений вулкана Шивелуч. В нижней и средней частях почвенного профиля развиты пепловые горизонты, обнаруживающие признаки, характерные для охристых иллювиальных горизонтов. В результате анализа генетических особенностей почв выделены следующие характерные почвенные горизонты:

- современные органогенные (грубогумусовый слаботрансформированный, дерновинный или перегнойный);
- погребенные гумусовые (объединены данные по всем органическим глубинным горизонтам, залегающим под пепловыми прослоями);
- охристые иллювиальные или переходные пепловые (все пепловые прослои, обнаруживающие признаки псевдотиксотропности, – хорошо выветрелые пеплы, способные накапливать

подвижные продукты почвообразования и продукты других процессов миграции);

- почвопостилающие делювиальные.

Результаты расчетов средних коэффициентов концентраций элементов ($K_{ср}$) для почвенных и подстилающих горизонтов в зоне влияния рудных тел показали значительные превышения содержаний элементов над фоновыми значениями для – Te, Ag, Sb, Se, As, Bi, Mo, Pb, W, являющимися главными типоморфными элементами и элементами-спутниками золотого оруденения. Как видно из табл. 3, максимальные коэффициенты концентраций большинства элементов характерны для делювиальных подстилающих горизонтов в сравнении со всеми горизонтами почвенного профиля. Исключение составляет Ag-уровень накопления которого в поверхностных современных органогенных горизонтах выше, чем в подстилающих делювиальных образованиях, имеющих тесный контакт с оруденелыми породами. В горизонтах почвенного профиля накопление элементов индикаторов неоднозначное. Выделяются две группы рудных элементов-спутников:

- Se, As, Mo, Pb и W, приоритетно накапливающиеся в охристых иллювиальных горизонтах.
- Te, Ag, Sb, Bi, имеющие максимальные

Таблица 3. Фоновые содержания микроэлементов (Сф), мг/кг, и средние коэффициенты их концентраций ($K_{ср}$) в почвенных горизонтах зоны влияния рудных тел месторождения «Озерновское» (валовые содержания по данным ИСР анализа).

Элемент	Генетические почвенные горизонты							
	Органогенные современные, n = 23		Погребенные гумусовые, n = 21		Погребенные пепловые, n = 23		Подстилающие делювиальные, n = 19	
	Сф	$K_{ср}$	Сф	$K_{ср}$	Сф	$K_{ср}$	Сф	$K_{ср}$
Li	10.52	0.84	11.67	1.00	12.35	1.47	15.06	2.08
Cr	41.78	0.86	51.10	1.87	36.56	1.25	29.56	1.54
Co	7.79	0.73	6.26	1.45	6.89	1.33	9.56	1.53
Ni	12.11	0.65	10.98	1.24	9.23	1.19	10.23	1.17
Cu	31.53	1.07	40.26	1.49	28.89	1.58	42.56	2.30
Zn	49.10	1.01	50.54	1.27	25.69	1.27	47.56	1.39
As	5.55	2.66	3.78	2.07	4.89	3.11	2.89	21.93
Se	1.50	2.01	1.50	1.96	1.50	2.06	2.56	4.87
Mo	3.77	1.45	2.89	1.29	4.05	1.56	1.56	3.69
Ag	0.01	56.61	0.01	20.86	0.01	26.87	0.02	29.81
Cd	0.13	1.01	0.15	1.13	0.11	0.96	0.15	0.99
Sn	1.64	0.81	1.09	1.10	1.11	0.91	1.23	1.13
Sb	0.57	4.88	0.50	2.34	0.59	4.30	0.50	28.76
Te	0.03	51.20	0.09	30.44	1.01	41.98	1.05	25.91
W	0.23	1.05	0.41	1.19	0.40	1.47	0.56	2.40
Tl	0.16	1.01	0.26	0.91	0.20	1.30	0.20	1.46
Pb	6.27	1.07	9.56	0.97	10.02	1.53	9.89	2.17
Bi	0.11	1.81	0.17	1.38	0.15	1.44	0.14	2.74

Примечание. Анализы выполнены в Аналитическом сертификационном испытательном центре Всероссийского научно-исследовательского института минерального сырья им. Н.М. Федоровского (ВИМС), г. Москва; n – количество проб, включенных в расчеты.

Ксрр в поверхностных органогенных горизонтах.

Выходы на дневную поверхность рудных тел и их первичные геохимические ореолы рудопроявления «Порожистое» также расположены в зоне ольховых стлаников с развитыми под ними вулканическими охристыми перегнойными почвами. От почв месторождения «Озерновское», попадающих в зону влияния рудных тел, их отличают более ярко выраженные перегнойные горизонты, распространенные под грубогумусовыми поверхностными горизонтами, и развитые под ними элювиальные пепловые прослойки, являющиеся горизонтами «вымывания» (рис. 5). Ввиду этого кроме перечисленных выше характерных генетических горизонтов, выделенных для площади месторождения «Озерновское», для территории рудопроявления Порожистое

проведен анализ еще по двум почвенным горизонтам:

– перегнойному гумусовому (Н), залегающему под поверхностным (с высоким содержанием до 20% органического углерода);

– элювиальному пепловому для первого элементарного профиля, сложенному повсеместно распространенным на территории вулканическим пеплом извержения влк. Опала. В отличие от пеплов, залегающих ниже по профилю, последний слабо выветрен, хорошо «отмыт», являясь в этой связи элювиальным или подзолистым горизонтом.

В целом для рудопроявления «Порожистое» закономерности вторичного накопления рудных элементов, выявленные на месторождении «Озерновское», повторяются (табл. 4). Отмеча-

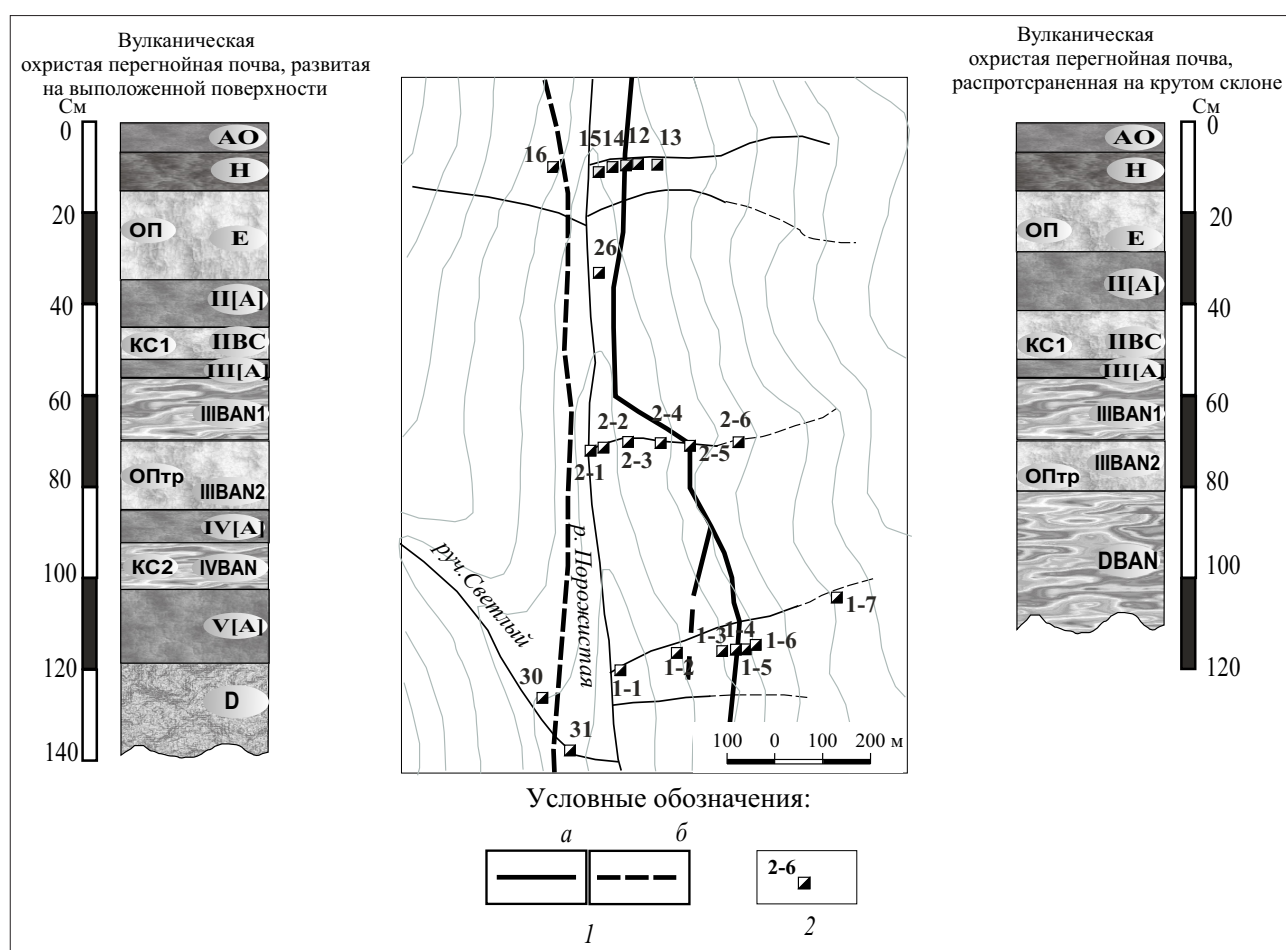


Рис. 5. Характер строения типичных почв района рудопроявления «Порожистое». 1 – золотоносные кварцевые жилы и зоны прожилкования: а – установленные, б – предполагаемые по (Матюшонок, 1981*); 2 – места заложения опорных разрезов, их номера. Почвенные горизонты: АО – грубогумусовый, Н – перегнойный, Е – элювиальный, II BC – переходный, II III IV [A] – погребенные гумусовые, III IV BAN – охристые иллювиальные. ОП – пепел извержения влк. Опала (возраст 1400 лет), КС 1 – пепел извержения влк. Ксудач (возраст 1760 лет), ОПтр – вулканический пепел извержения озера Чаша (Толмачев дол) (возраст 3500 лет), КС 2 – пепел извержения влк. Ксудач (возраст 6900 лет). Возрасты подстилающих пеплов по (Брайцева и др., 1997).

*Матюшонок Н.Н. Отчет о детальных поисковых работах на площади Порожистого рудного поля, проведенных Порожистой партией в 1979-1981 гг. Фондовые материалы ФГУ «Территориальный фонд информации по ДФО», 1981. 213 с.

ется большой разброс значений коэффициентов концентрации типоморфных рудных элементов и элементов-спутников руд в почвенных генетических горизонтах относительно почвоподстилающих делювиальных образований. Для большинства почвенных горизонтов отмечаются максимально высокие значения коэффициентов концентраций для Ag и Sb. При этом Ag преимущественно накапливается в поверхностном органогенном прослое, Sb – в перегнойном подповерхностном. Наивысшие значения коэффициентов для таких элементов, как Te, As, Hg, Mn, Ni, Cu, характерны для иллювиальных пепловых прослоев. Самый низкий коэффициент концентрации для Sb отмечен в поверхностном органогенном горизонте; для Ag, Te, As – в элювиальном пепловом.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Вторичное накопление типоморфных рудных элементов в вулканических синлитогенных почвах с образованием наложенных ореолов рассеяния теоретически может происходить лишь путем поступления их во вновь образованные на пепловых горизонтах почвы восходящими миграционными токами. Подобное возможно

только при выпотном типе водного режима. Для почв Камчатки повсеместно характерен, напротив промывной режим. Территория характеризуется высоким коэффициентом увлажнения, во всех случаях превышающим значение 1 (количество осадков всегда больше испаряющейся влаги), и легким гранулометрическим составом почв. То есть поступление элементов из руд снизу вверх в генетические горизонты вулканических почв Камчатки практически невозможно.

Подтверждением этого является отмеченный ранее эффект экранирования вулканическими пеплами вторичных ореолов рассеяния большинства рудных элементов в почвах Камчатки, установленный в зонах влияния рудных тел в условиях неосложненного, сглаженного рельефа водоразделов. Установлено, что в результате инфильтрационных процессов в почвенные горизонты поступают лишь наиболее подвижные в ландшафтно-геохимических условиях Камчатки элементы, такие как Ag, Hg, Se, Te, которые образуют в почвах концентрации, слабо превышающие местный геохимический фон и требующие при геохимических поисках применения специальных методов усиления полезного сигнала (Литвиненко, 1991).

В нашем случае высокоаномальные содер-

Таблица 4. Фоновые содержания микроэлементов (Сф), мг/кг, и средние коэффициенты их концентраций (Кср) в почвенных горизонтах зоны влияния рудопроявления «Порожистое» (валовые содержания по данным ИСР анализа).

Элемент	Генетические почвенные горизонты											
	Поверхностные органогенные, n = 22		Перегнойные, n = 18		Погребенные гумусовые, n = 22		Элю-виальные пепловые, n = 14		Иллю-виальные пепловые, n = 22		Подстилающие делювиальные, n = 22	
	Сф	Кср	Сф	Кср	Сф	Кср	Сф	Кср	Сф	Кср	Сф	Кср
Sc	7.36	1.45	8.111	1.99	5.87	2.22	2.84	2.37	4.09	2.23	6.07	2.02
V	74.59	1.53	61.240	1.63	63.50	1.57	58.41	1.71	53.56	2.03	113.88	1.45
Cr	7.91	1.53	6.887	2.18	16.65	2.97	11.25	2.18	6.54	2.51	4.24	4.56
Mn	523.94	2.27	467.263	2.44	416.02	2.32	492.40	1.62	540.60	1.78	815.70	1.59
Co	3.77	2.18	3.464	2.27	2.88	2.99	3.75	1.96	2.51	3.60	7.55	1.99
Ni	6.27	1.59	5.408	1.63	6.21	1.61	5.92	2.53	5.31	2.89	5.42	1.85
Cu	43.12	1.47	45.269	1.98	46.35	1.79	19.03	1.85	19.36	2.39	40.69	1.47
Zn	25.56	2.60	37.499	1.83	42.17	2.20	37.05	1.62	38.61	2.02	95.91	2.09
As	0.60	2.50	1.049	2.60	2.22	1.26	1.25	1.20	2.44	2.50	2.34	2.18
Se	0.25	2.40	0.250	1.00	0.25	2.13	0.25	2.00	0.25	3.56	0.37	2.26
Sr	76.69	1.78	65.193	1.75	71.14	1.84	85.09	1.76	69.10	1.60	70.47	2.05
Mo	1.03	1.94	0.995	1.51	0.93	1.62	1.81	1.66	1.09	2.02	0.78	1.91
Ag	0.05	37.82	0.004	22.78	0.02	7.92	0.04	5.00	0.01	7.88	0.04	10.32
Sb	0.50	1.00	0.500	20.00	0.50	10.10	0.50	1.00	0.59	7.28	0.50	15.66
Te	0.90	3.99	1.244	3.28	1.36	4.93	1.05	1.53	1.01	5.53	1.42	4.77
Hg	0.03	2.46	0.030	2.28	0.02	3.44	0.01	2.58	0.01	4.63	0.02	3.59
Pb	8.91	1.68	9.185	2.31	14.42	2.08	15.37	1.95	13.41	1.49	12.41	1.61

Примечание. Анализы выполнены в Аналитическом сертификационном испытательном центре Всероссийского научно-исследовательского института минерального сырья им. Н.М. Федоровского (ВИМС), г. Москва; n – количество проб, включенных в расчеты.

жания рудных и сопутствующих им элементов в некоторых генетических горизонтах вулканических почв установлены преимущественно на крутых склонах, в условиях рельефа, чаще свойственного зонам развития рудопроявлений. Накопление индикаторных элементов (в данном случае преимущественно в охристом иллювиальном горизонте почв), безусловно, обязано здесь склоновым, а не восходящим миграционным процессам. Горизонтальная миграция элементов в вулканических почвах таких территорий связана с особенностями внутрпочвенного стока, происходящего во время весеннего снеготаяния и сильных дождей в летний период, когда происходит насыщение всех горизонтов вулканических почв за счет их легкого механического состава. Основное количество влаги в почвах на крутых склонах передвигается с боковым стоком, что приводит к латеральному передвижению природных растворов и аккумуляции элементов в почвенных горизонтах, обладающих повышенной сорбционной способностью.

Характер накопления типоморфных рудных и сопутствующих им элементов в генетических горизонтах вулканических почв Камчатки, попадающих в зоны влияния сульфидных медно-никелевых и убогосульфидных золотосеребряных рудопроявлений различный.

На медно-никелевых оруденениях при разном строении почвенно-пирокластического чехла во всех случаях наблюдается накопление индикаторных элементов в пепловом охристом иллювиальном горизонте, залегающем в пределах этой территории (Камчатская никеленосная провинция, западное побережье Камчатки) в нижней части профиля вулканических почв. При этом по уровню накопления рудных элементов эти генетические образования близки к подстилающим оруденелым породам.

Вторичное накопление рудных и сопутствующих им элементов в почвах территорий золотосеребряных рудопроявлений характерно для двух генетических сообществ почвенных горизонтов. Большинство индикаторных элементов с большим постоянством обнаруживают также наивысшие коэффициенты концентраций в иллювиальных охристых горизонтах «вымывания», залегающих в почвенно-пирокластическом чехле этих территорий, как в средней, так и в нижней части профилей почв.

Ag и Sb во всех случаях, а для Озерновского месторождения дополнительно Te и Bi, имеют максимально высокоаномальные содержания в современных органогенных горизонтах. При наличии в почвах перегнойных подповерхностных горизонтов (почвы ольховых стлаников) Sb в большей степени накапливается в них.

Аномальные содержания названных элементов на территориях золотосеребряных оруденений в современных поверхностных и подповерхностных (перегнойных) горизонтах почв объяснимы, вероятно, их высокой подвижностью. Согласно геохимической классификации элементов (Перельман, 1975) Ag является крайне активным мигрантом в кислых водах и окислительной обстановке, свойственной легким вулканическим почвам Камчатки; Te и Bi обладают способностью к миграции с органическими комплексами. Вероятно, ввиду этого данные элементы легко «захватываются» в малый биологический круговорот в системе почвы – растения и накапливаются на поверхности земли с растительным опадом, являющимся впоследствии материалом для образования поверхностного органического вещества почв.

Приоритетное накопление индикаторных элементов в охристом иллювиальном горизонте почв объясняется, по-видимому, тем, что эти генетические образования сложены хорошо выветренными вулканическими пеплами, обладающими за счет своего пористого, рыхлого сложения хорошей сорбционной способностью. Кроме того, как отмечено выше, горизонты эти обогащены железом и алюминием, накапливающимися в них вследствие иллювиальных процессов и обладающими, как известно, значительной сорбционной способностью.

Анализ показателей, характеризующих уровень концентрации микроэлементов (Кс) в почвах различных ландшафтов в зонах медно-никелевых рудопроявлений, показывает наиболее интенсивное их накопление в элювиальных ландшафтах под горной тундровой растительностью в маломощных литоземах вулканических, в трансэлювиальном поясе стланиковых лесов в вулканических охристых перегнойных и вулканических охристых сухоторфяно-перегнойных почвах, а также в аллювиальных почвах, распространенных в супераквальных ландшафтах. Наивысшие значения коэффициентов концентраций в почвах горных тундр и стлаников объясняются высоким содержанием в их перегнойных горизонтах органического вещества, способного образовывать с элементами-индикаторами органоминеральные комплексы. Высокие значения Кс для аллювиальных почв связаны с накоплением микроэлементов в результате регулярного контакта почв с поверхностными водами, формирующимися в зонах выхода рудных тел.

ВЫВОДЫ

1. Для сульфидных медно-никелевых рудопроявлений Камчатской никеленосной провинции характерно накопление типоморфных руд-

ных элементов, сопоставимое с содержаниями их в оруденелых породах, в пепловом охристом иллювиальном горизонте почв, залегающем в пределах этой территории (западное побережье Камчатки) в нижней части профиля вулканических почв. Наиболее высокие концентрации рудных элементов характерны для вулканических почв, содержащих высокогумусированные перегнойные горизонты в поясе горных тундр и стланиковых лесов, а также для аллювиальных почв, испытывающих контакт с поверхностными водами, формирующимися в зонах выхода рудных тел.

2. На территориях золотосеребряных оруденений (месторождение «Озерновское» и рудопроявление «Порожистое») большинство рудных и сопутствующих им элементов обнаруживают максимальное вторичное накопление в иллювиальных охристых горизонтах почв, развитых в этих районах как в средних, так и в нижних частях профилей почв. Ag, Sb, а на Озерновском месторождении также для Te и Bi, обнаруживают максимальные коэффициенты концентраций в современных органогенных почвенных горизонтах.

3. Вторичные наложенные ореолы рассеяния рудных месторождений в вулканических синлитогенных почвах Камчатки образованы не за счет восходящей миграции подвижных элементов, а благодаря склоновым процессам; на золотосеребряных оруденениях для наиболее геохимически подвижных типоморфных элементов также путем их биогенного накопления в поверхностных органогенных горизонтах почв.

Список литературы

- Брайцева О.А., Кирьянов В.Ю., Сулержицкий Л.Д.* Маркирующие прослой голоценовой тефры Восточной вулканической зоны Камчатки // *Вулканология и сейсмология*. 1985. № 5. С. 80-96.
- Брайцева О.А., Сулержицкий Л.Д., Пономарева В.В., Мелекесцев И.В.* Геохронология крупнейших эксплозивных извержений Камчатки в голоцене и их отражение в Гренладском ледниковом щите // *ДАН*. 1997. Т. 352. № 4. С. 516-518.
- Захарихина Л.В.* Провинции почв Камчатки, различающиеся составом и возрастом вулканических пеплов, на которых они образованы // *Вестник Томского государственного университета. СЕР. Биология*. 2009. № 2(6). С. 95-111.
- Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. М.: Недра, 1983. 181 с.
- Классификация почв России // Составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2004. С. 57-61.
- Литвиненко Ю.С.* Геохимические критерии прогноза, поисков и оценки близповерхностного золотосеребряного оруденения Камчатки. Дисс. канд. геол.-мин. наук. Москва, 1991. 231 с.
- Литвиненко Ю.С., Захарихина Л.В.* Районирование и геохимическая характеристика вулканических почв Камчатки // *Геохимия*. 2009. № 5. С. 490-503.
- Перельман А.И.* Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа, 1975. С. 116-120.
- Селянгин О.Б.* Кортландит-амфиболовый пироксенит – горнблендитовая серия расслоенного никеленосного интрузива Восточно-Геофизический, Шанучское рудное поле, Камчатка // *Вестник КРАУНЦ*. 2006. № 2. Вып. 8. С. 8-30.
- Селянгин О.Б.* Новые данные о строении и эволюции никеленосного интрузива Кувалорог, Южная Камчатка // *Вестник КРАУНЦ*. 2007. № 1. Вып. 9. С. 111-127.
- Соловов А.П.* Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1985. 294 с.
- Трухин Ю.П., Степанов В.А., Сидоров М.Д.* Камчатская никеленосная провинция // *ДАН*. 2008. Т. 418. № 6. С. 802-805.
- Трухин Ю.П., Степанов В.А., Сидоров М.Д.* Шанучское медно-никелевое месторождение: геолого-геофизическая модель, состав и геохимия руд // *Руды и металлы*. 2009. № 5. С. 75-81.

**FORMING CHARACTERISTICS OF SECONDARY OVERLAYED GEOCHEMICAL
DISPERSION HALOES OF ORE ELEMENTS IN KAMCHATKA VOLCANIC SOILS**

L.V. Zakharikhina

*Research Geotechnological Centre, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683002*

The article shows that in the regions of sulfide copper-nickel ore occurrences in the Kamchatkan nickeliferous province the secondary overlayed geochemical dispersion haloes of ore elements are mainly formed in ochre illuvial horizons of volcanic soils lying within this territory (western coast of Kamchatka) in low profile parts of volcanic soils. In soils of the zones with gold-silver mineralizations located in the north-eastern and southern parts of Kamchatka («Ozernovskiy» deposit and «Porozhistoye» ore occurrence) maximum secondary accumulation of many ore and accompanying elements is also typical for illuvial ochre horizons developed in these regions both in the middle and in the low parts of soils profiles. The most geochemically movable typomorphic elements of gold-silver mineralizations (Ag, Sb, Te and Bi) caused by biogenic accumulation are concentrated in the surface and subsurface organogenic soils horizons.

Keywords: ore elements, dispersion haloes, volcanic soils.