

УДК 551.311.231(571.61)

ЛИНЕЙНЫЕ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ ВЕРХНЕГО ПРИАМУРЬЯ

© 2011 г. В. А. Степанов, А. В. Мельников*

*Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН
683002 Петропавловск-Камчатский, Северо-Восточное шоссе, 30, а/я 56;*

E-mail: vitstepanov@yandex.ru

**Институт геологии и природопользования ДВО РАН*

675000 Благовещенск, пер. Рёлочный, 1;

E-mail: anton_amur@mail.ru

Поступила в редакцию 10.08.2009 г.

На территории Верхнего Приамурья широко развиты коры выветривания, в том числе на сульфидных медно-никелевых рудопроявлениях, что значительно затрудняет их поиски. Для разработки поисковых критериев нами исследован состав линейных кор выветривания на никеленосной дайке кортландитов, безрудной дайке пироксенитов и в зоне разлома на метаморфических образованиях. Определен химический состав материала кор, а также минеральный состав новообразованных глинистых фракций и шлиха. Установлено, что характерным признаком коры выветривания на никеленосной дайке кортландитов является преобладание в составе тонкой фракции ярозита с примесью кристобалита. В шлиховых пробах отмечаются ярозит, небольшие количества реликтовых сульфидов (пирита, галенита) и самородного золота. Эти критерии могут быть использованы при поисковых работах на сульфидное медно-никелевое оруденение в Верхнем Приамурье и в сходных с ним регионах.

В Приамурье широко развиты коры выветривания (КВ) площадного и линейного морфологических типов. По породам основного и, реже, среднего состава формируются хлорит-сметитовые (бейделлитовые) профили выветривания, а по кислым и средним – гидрослюдистые и гидрослюдисто-каолининовые. Возраст линейных КВ предположительно плиоцен-раннеплейстоценовый [Орлова и др., 1996]. Для большинства разрезов КВ характерны каолиновые продукты гипергенеза.

Линейные коры выветривания в Приамурье развиты вдоль зон разломов по породам различного состава, на минерализованных дайках кислого, среднего и основного состава, а также интрузиях гипербазитов с медно-никелевым оруденением. Наличие над зонами сульфидных медно-никелевых руд линейных кор выветривания, мощность которых достигает первых сотен метров, значительно затрудняет поиски этих руд в коренном залегании. Поэтому возникла необходимость разработки критериев отличия состава кор выветривания, образованных на сульфидных медно-никелевых рудах от кор, сформированных на геологических объектах другого типа (дайки базитов и гипербазитов без сульфидной минерализации, зоны разломов в породах различного состава и др.).

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для решения поставленной задачи нами был изучен состав кор выветривания трех объектов: 1) породы с сульфидными медно-никелевыми рудами, 2) дайки пироксенитов без видимой сульфидной минерализации и 3) породы в зоне разлома субширотного простираения. Они расположены в пределах Джалтинского никеленосного узла Становой никеленосной провинции [Степанов и др., 2008].

Джалтинский никеленосный узел сложен преимущественно раннеархейскими метаморфическими образованиями Дамбукинской серии. В ее составе преобладают биотитовые и амфиболовые гнейсы, нередко графитсодержащие, а также кристаллосланцы с прослоями и линзами амфиболитов, кальцифилов и железистых кварцитов. Породы рассеяны крупными разрывными нарушениями преимущественно северо-западного субширотного простираения и прорваны сериями небольших интрузивов (силлы и дайки кортландитов, горнблендитов, пироксенитов и габбро-норитов) джалтинского комплекса раннемелового возраста [Стриха и др., 2006]. Протяженность даек и силлов достигает 1–2 км при мощности от десятков до первых сотен метров. Породы комплекса постоянно содержат сингенетичную вкрапленность сульфидов – пирротина, халькопирита и пентландита до 1–5%, а также примесь самородного золота. Нередко количество сульфидов увеличи-

Таблица 1. Химический состав кор выветривания (в %)

Компоненты	Проба					
	C-113	C-114	K-18-1-5	K-18-2-32	K-21-16	K-22-80
	По никеленосным кортландитам		По зоне разлома		По пироксенитам	
SiO ₂	43.51	46.4	51.31	49.63	43.8	46.9
TiO ₂	0.57	2.1	2.01	2.24	0.28	0.66
Al ₂ O ₃	7.11	9.36	12.21	11.82	2.44	3.19
Fe ₂ O ₃	6.75	6.0	4.33	5.27	2.81	6.64
FeO	4.9	6.73	7.03	7.52	14.61	8.83
MnO	0.19	0.2	0.199	0.209	0.31	0.204
CaO	7.25	8.96	6.03	6.73	8.24	10.44
MgO	22.16	13.11	7.2	7.5	23.16	20.41
Na ₂ O	0.301	0.78	5.01	3.39	0.25	0.37
K ₂ O	0.015	0.103	0.1	0.73	0.101	0.185
P ₂ O ₅	0.061	0.156	0.186	0.182	0.172	0.139
ппп	6.7	5.48	3.96	4.25	3.03	1.73
Сумма	99.517	99.379	99.575	99.471	99.203	99.698
S	0.0413	0.0341	0.0203	0.0079	0.0027	0.0651
F	0.701	0.0129	0.0614	0.1001	0.0129	0.0344

Примечание к табл. 1 и 2. Анализ выполнен на рентгенофлуоресцентном спектрометре S4-PIONEER в лаборатории ИГиП ДВО РАН. Аналитик В.И. Рождествина.

ваются до 10–20% и более. Они образуют эпигенетичные, прожилковые, брекчиевые и массивные сульфидные медно-никелевые руды.

Рудопроявление Стрелка расположено в верховье р. Ульдегит. Оно представлено дайками кортландитов и роговообманковых пироксенитов с сульфидным медно-никелевым орудением. Одна из даек прослежена канавами на 1000 м и скважинами колонкового бурения на глубину в 200 м (рисунок). Сульфиды образуют в дайке рассеянную вкрапленность, прожилки и жилы массивных медно-никелевых руд. Минеральный состав руд постоянный: пирротин (90–95%), халькопирит (до 3–5%) и пентландит (1–3%) с примесью пирита, сфалерита, арсенипирита, галенита и самородного золота. Содержание никеля, по данным штучного опробования керна скважин, достигает 1%, меди – 6%. С поверхности по рудам развита линейная кора выветривания, достигающая глубины в 100 м. Материал коры выветривания в канавах представлен рыхлым глинистым материалом буроватого цвета (85–90%) с мелкими блоками слабыветрелых гнейсов, сланцев, реже порфиридных пород кислого состава. Породы в блоках осветлены, каолинизированы, местами окремнены и ожелезнены.

Кора выветривания на дайке пироксенитов вскрыта и прослежена по простиранию на 100 м двумя канавами на правом борту руч. Горациев-

ского. Мощность дайки меняется от 3 до 11 м. Вмещающими служат амфибол-биотитовые гнейсы. На дайке развита линейная кора выветривания. Она представлена рыхлым материалом зеленого цвета, состоящего из смектитов с примесью полуразложенных кристаллов пироксена и полевого шпата, а также гётита. Среди выветрелых, рыхлых пород встречаются мелкие блоки слабыветрелых пироксенитов и гнейсов.

Линейная кора выветривания по метаморфическим породам в зоне разлома северо-западного субширотного простирания прослежена двумя канавами на 100 м на водоразделе руч. Горациевского и Радостного. Мощность зоны, вскрытой канавами, достигает первых десятков метров. Она представлена пестрой по окраске бурой и желтой до зеленоватой грубо полосчатой глинистой породой. Полосы ориентированы субвертикально. Материал зоны представлен рыхлым глинистым материалом, местами ожелезненным. Он включает большое количество блоков слабыветрелых гнейсов и амфиболитов. Они рыхлые, нередко ожелезнены.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Из кор выветривания каждого объекта по стенкам канав с глубины 1.5–2 м отобраны по две бороздовые пробы весом 15–20 кг каждая. Химический состав проб определен рентгенофлуорес-

центным спектрометрическим методом на приборе S4-PIONEER. Набор глинистых и других тонкодисперсных минералов проанализирован на рентгеновском дифрактометре ДРОН 3.0 на монохроматизированном медном излучении, при напряжении 25 kV и силе тока 20 mA, со скоростью счетчика 1 град/мин. Из фракции 1–2 м готовились ориентированные препараты методом капли. Каждый образец снимался три раза: воздушно-сухой, насыщенный этиленгликолем и прокаленный. Диагностика минералов подтверждена рентгеновскими анализами. Кроме того, выполнен минералогический анализ шлиха, полученного при промывке части проб на лотке.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Валовый состав материала кор выветривания приведен в табл. 1. По составу породообразующих оксидов материал кор по безрудной дайке пироксенита и оруденелой дайке кортландитового состава сходен. Это выражено в примерно одинаковой низкой концентрации кремнезема (43.8–46.9 и 43.51–46.4% соответственно) и высокой оксида магния (20.41–23.16 и 13.11–22.16% соответственно), свидетельствующих об образовании кор обоих объектов по ультраосновным породам. Примерно одинаковы в обоих корах количества натрия и калия, а также оксидов марганца и титана. В то же время, в материале коры по дайке пироксенита гораздо больше оксидов железа и кальция, но значительно меньше оксида алюминия. Обращает на себя внимание и несколько большее количество серы в коре выветривания, образованной по дайке кортландитов с медно-никелевым оруденением (см. табл. 1). По содержанию основных рудных элементов (никель, медь, кобальт, свинец, цинк) материал кор по никеленосной и безрудной дайкам существенно не различается (табл. 2).

Состав коры выветривания по метаморфическим породам в зоне разлома значительно отличается от двух предыдущих. В ней значительно больше кремнезема, оксидов алюминия и натрия, несколько больше титана, но значительно меньше магния. Меньше, хотя и не намного, кальция и железа. Какой-либо рудной специализации не отмечается.

Наиболее существенны различия в составе новообразованных и реликтовых минералов в корах выветривания рассматриваемых объектов. В со-

ставе новообразованных минералов коры над никеленосной дайкой преобладает ярозит, в небольшом количестве присутствуют смектиты и кристобалит. В отличие от никеленосной, в коре над безрудной дайкой пироксенитового состава среди минералов преобладают смектиты, встречаются хлорит, тремолит и серпентин. Состав минералов коры выветривания по метаморфическим породам в зоне разлома значительно отличается от первых двух типов. В ней преобладают смектиты, кроме того, встречаются реликты кварца, плагиоклаза и тремолита (табл. 3).

Состав тяжелой фракции шлиховых проб приведен в таблицах 4, 5, 6. В составе шлиха из коры выветривания по никеленосным кортландитам главную долю составляют минералы электромагнитной фракции, среди которых преобладает ярозит, встречаются реликты сфена и амфибола, в гораздо меньших количествах отмечаются гранат и ильменит, в одной пробе присутствует кварц. Кроме того, установлены знаковые количества пирита, циркона, монацита и рутила. Основу немагнитной фракции составляет сфен, в меньшем количестве отмечаются циркон и амфибол, обнаружены единичные зерна пирита, галенита и самородного золота. Золото образует комковидные зерна, реже пластинки золотисто-желтого цвета размером до 0.05 × 0.05 мм. Некоторые зерна покрыты пленкой гидроксидов железа. В магнитной фракции преобладает магнетит, но количество его менее 1% веса шлиха.

Набор шлиховых минералов из коры выветривания по безрудным пироксенитам значительно отличается от вышеописанного. Основная доля шлиха приходится на магнитную фракцию (до 80% и более), представленную только магнетитом. Вторая по весу электромагнитная фракция представлена преобладающими пироксеном и амфиболом, а немагнитная – апатитом и цирконом.

В шлихе из коры выветривания по зоне разлома преобладает электромагнитная фракция. Она состоит, главным образом, из амфибола и ильменита с примесью рутила. Магнитная фракция, доля которой составляет не более 2%, состоит из мартита и магнетита с незначительной примесью гематита. В немагнитной фракции, доля которой менее 1% шлиха, встречаются циркон, рутил и апатит.

Разрез рудопоявления Стрелка, по данным [Тихонов, 1965] с упрощениями и дополнениями авторов.

1 – положение рудопоявления Стрелка в Амурской области (на врезке); 2 – почвенно-растительный слой; 3 – гнейсы графит-биотитовые, рассланцованные и брекчированные с вкрапленностью пирротина; 4 – амфиболиты; 5 – рогово-обманковые пироксениты и горнблендиты крупнозернистые, местами брекчированные с прожилково-вкрапленной сульфидной минерализацией; 6 – сплошные сульфидные руды; 7 – кора выветривания; 8 – скважина; 9 – канава; 10 – шурф.

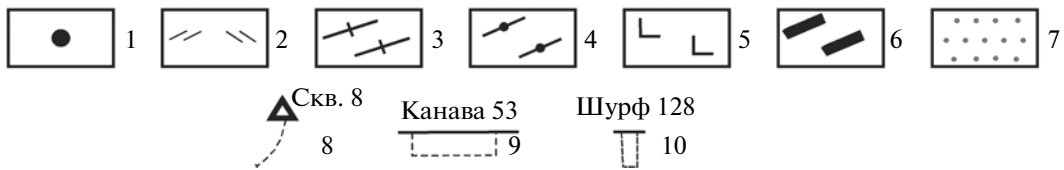
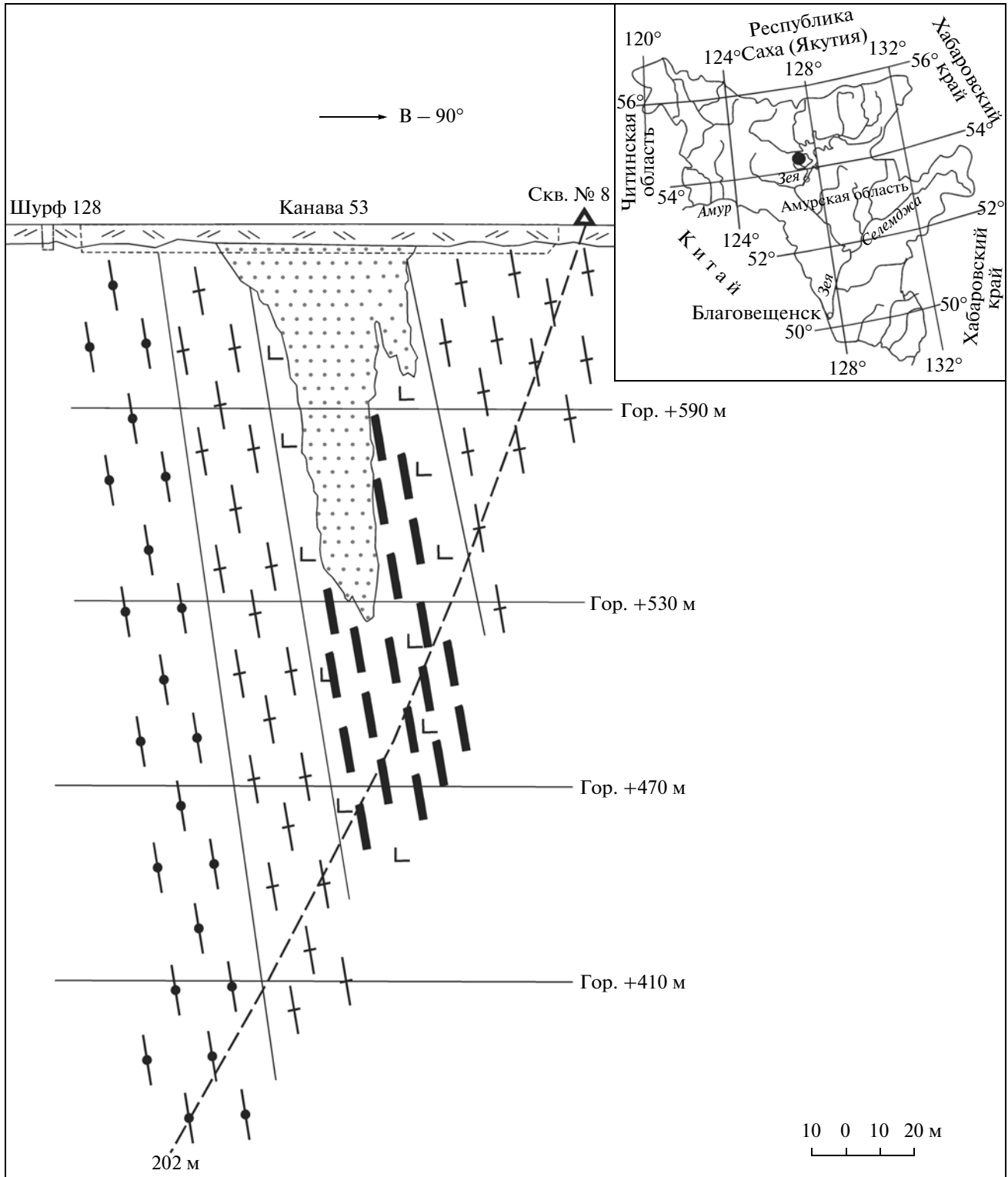


Таблица 2. Элементы-примеси в корях выветривания (в г/т)

Элементы	Проба					
	С-113	С-114	К-18-1-5	К-18-2-32	К-21-16	К-22-80
	По никеленосным кортландитам		По зоне разлома		По пироксенитам	
V	57	43	45	79	42	76
Cr	154	573	143	3027	486	964
Ni	736	408	416	1434	564	855
Cu	336	480	375	482	554	272
Co	71	39	33	90	60	58
Zn	155	147	143	113	196	124
Pb	9	11	8	13	8	8
Mo	2	3	1	1	2	1
As	5	2	8	2	3	5
Sn	<10	10	<10	<10	<10	<10
Rb	17	5	5	3	6	15
Ce	13	20	17	13	31	23
Th	2	3	2	2	1	2
Ba	71	30	30	10	31	21
Sr	220	76	358	158	128	128
Zr	144	140	131	128	22	37
Sc	35	39	35	24	44	78
Y	38	42	32	18	14	18
Yb	7	3	7	8	5	6
Ga	30	25	24	28	22	28
Nb	4	11	8	4	2	4
Ge	2	3	1	2	2	3
La	1	2	2	1	1	2

Таблица 3. Состав фракции 1–2 м материала кор выветривания, по данным рентгеноструктурного анализа

Проба	Кора выветривания	Минералы
С-113	по никеленосным кортландитам	ярозит (около 90%), смектиты (до 5%), кварц, кристобалит (следы)
С-114		ярозит (более 90%), кварц, кристобалит (1–2%)
К-18-1-5	по зоне разлома	кварц (много), смектиты, плагиоклаз, тремолит, слюда
К-18-2-32		кварц, плагиоклаз, тремолит
К-21-16	по пироксенитам	смектиты (85–90%), хлорит, слюда, тремолит
К-22-80		смектиты (около 90%), хлорит (1–5%), серпентин, тремолит

Примечание. Анализ выполнен на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3.0 в лаборатории ДВГИ ДВО РАН. Аналитик Н.В. Груда.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты анализов свидетельствуют о значительных различиях в составе изученных кор выветривания. Кора выветривания по никеленосным кортландитам характеризуется высоким содержанием магния и низким кремнезема, что

указывает на происхождение ее за счет ультраосновных пород. В составе новообразованных минералов преобладает ярозит (более 90%), происхождение которого, несомненно, связано с окислением первичных сульфидов, отмечаются смектиты (до 5%) и кристобалит (1–2%). Ярозит в

Таблица 4. Минеральный состав шлиха из материала коры выветривания по никеленосным кортландитам (в %)

Минералы	Проба С-113-1					Проба С-114-1				
	М (0.03)	Э (1.41)	Н (1.73)	Л (0.22)	Сумма (3.39)	М (0.01)	Э (1.94)	Н (0.5)	Л (0.18)	Сумма (2.63)
Магнетит	100	—	—	—	0.9	100	—	—	—	0.4
Ильменит	—	0.3	—	—	0.1	—	0.3	—	—	0.2
Гранат	ед.зн.	1.7	—	—	0.7	—	2.2	—	—	1.6
Ярозит	—	15.0	—	15.0	7.2	—	19.3	—	20.0	15.6
Амфибол	—	21.6	—	—	9.0	ед.зн.	10.9	6.8	—	9.3
Слюда	—	—	—	—	—	ед.зн.	—	—	—	ед.зн.
Сфен	—	61.4	97.0	—	75.0	—	61.3	83.8	—	61.2
Монацит	—	—	—	—	—	—	ед.зн.	—	—	ед.зн.
Циркон	—	зн.	3.0	—	1.5	—	ед.зн.	9.4	—	1.8
Рутил	—	зн.	зн.	—	зн.	—	—	—	зн.	зн.
Пирит	—	ед.зн.	ед.зн.	—	зн.	—	—	ед.зн.	—	ед.зн.
Галенит	—	—	ед.зн.	—	ед.зн.	—	—	—	—	—
Кварц	—	—	—	—	—	—	6.0	—	—	4.4
Кварц + пол.шпат + + слюда + амфибол	—	—	—	85.0	5.5	—	—	—	80.0	5.5
Золото	—	—	1 зн.	—	1 зн.	—	—	8 зн.	—	8 зн.

Примечание. Фракции шлиха: М – магнитная, Э – электромагнитная, Н – немагнитная, Л – легкая (в скобках вес фракции, г). Ед. зн. – 1–9 кристаллов минерала, зн. – от 10 кристаллов до весовых количеств минерала в шлихе, прочерк – минерал не обнаружен. Аналитик Л.И. Козак, ИГиП ДВО РАН.

Таблица 5. Минеральный состав шлиха из материала коры выветривания по пироксенитам (в %)

Минералы	Проба К-21-16					Проба К-22-80				
	М (16.21)	Э (3.21)	Н (0.08)	Л (зн.)	Сумма (19.5)	М (6.885)	Э (0.103)	Н (0.007)	Л (0.005)	Сумма (7.0)
Магнетит	100	—	—	—	83.1	100	—	—	—	98.4
Мартит	—	ед. зн.	—	—	ед. зн.	—	3.2	—	—	зн.
Ильменит	—	0.1	ед. зн.	—	зн.	—	зн.	—	—	зн.
Гётит	—	зн.	—	—	ед. зн.	—	зн.	—	—	зн.
Пироксен	—	94.6	12.0	ед. зн.	15.6	—	78.2	ед. зн.	—	1.2
Амфибол	—	4.3	—	—	0.7	—	17.8	—	—	0.3
Циркон	—	—	зн.	—	зн.	—	0.7	65.7	ед. зн.	зн.
Сфен	—	—	—	—	—	—	—	ед. зн.	—	ед. зн.
Рутил	—	—	ед. зн.	—	ед. зн.	—	ед. зн.	ед. зн.	—	ед. зн.
Слюда	—	1.0	—	—	0.15	—	0.1	ед. зн.	70.0	зн.
Апатит	—	—	87.0	—	0.35	—	—	34.3	—	зн.
Пирит	—	ед.зн.	—	—	ед. зн.	—	ед. зн.	зн.	—	зн.
Графит	—	—	ед. зн.	—	ед. зн.	—	—	ед. зн.	—	ед. зн.
Кварц + + пол.шпат	—	—	—	зн.	зн.	—	зн.	—	30.0	зн.

Примечание к табл. 5, 6. Аналитик Е.Н. Воропаева, ИГиП ДВО РАН. Остальное см. табл. 4.

Таблица 6. Минеральный состав шлиха из материала коры выветривания по гнейсам и амфиболитам в зоне разлома (в %)

Минералы	Проба К-18-2-32					Проба К-18-1-5				
	М (0.035)	Э (1.555)	Н (0.01)	Л (0.1)	Сумма (1.7)	М (0.025)	Э (0.71)	Н (0.015)	Л (0.4)	Сумма (1.15)
Магнетит	5	—	—	—	0.1	50	—	—	—	1.1
Мартит	95	зн.	—	—	2	50	зн.	—	—	1.1
Гематит	ед.зн.	—	—	—	ед.зн.	зн.	зн.	—	—	зн.
Ильменит	—	ед.зн.	—	—	ед.зн.	—	47.5	зн.	—	29.3
Гранат	—	ед.зн.	—	—	ед.зн.	—	ед.зн.	—	—	ед.зн.
Гетит	—	зн.	—	—	зн.	—	зн.	—	—	зн.
Амфибол	—	90.1	—	ед.зн.	82.4	—	45.8	2	зн.	28.3
Эпидот	—	зн.	—	—	зн.	—	ед.зн.	—	—	ед.зн.
Сфен	—	—	ед.зн.	—	ед.зн.	—	зн.	1	—	зн.
Турмалин	—	—	—	—	—	—	ед.зн.	—	—	ед.зн.
Циркон	—	—	зн.	—	зн.	—	ед.зн.	48	—	0.6
Рутил	—	6.3	50	ед.зн.	6.1	—	1.1	46	—	1.3
Пирит	—	ед.зн.	—	—	ед.зн.	—	ед.зн.	—	—	ед.зн.
Апатит	—	—	40	—	0.2	—	—	3	—	зн.
Слюда	—	0.3	—	—	0.3	зн.	4.9	—	—	3
Графит	—	ед.зн.	—	—	ед.зн.	—	—	—	ед.зн.	ед.зн.
Кварц + + пол.шпат	—	3.2	10	100	8.9	зн.	0.7	—	100	35.2

значительных количествах (7.2–15.6%) присутствует также в шлихе. На наличие сульфидов в неизменной породе указывает повышенное содержание серы в коре выветривания, а также присутствие в немагнитной фракции шлиха пирита и галенита. Присутствие в шлихах самородного золота также являются признаком образования коры выветривания по золотосодержащим медно-никелевым рудам.

На безрудной дайке пироксенитов образуется кора выветривания, по валовому составу мало отличающаяся от состава коры на никеленосных кортландитах, но состав новообразованных минералов в них резко различен. Среди этих минералов преобладают смектиты (85–90%) с примесью хлорита (до 5%), серпентина и тремолита. Отличается и состав шлиха, в котором преобладает магнетит.

В зоне разлома по гнейсам образуется кора выветривания, которая по составу значительно отличается от двух предыдущих. В ней значительно больше кремнезема и оксида алюминия. В составе искусственного шлиха преобладают амфиболы, ильменит, мартит по магнетиту и рутил. Сре-

ди глинистых минералов преобладают смектиты (90–95%). Реликтовые минералы — кварц, плагиоклаз и тремолит. Каких-либо признаков сульфидной минерализации не отмечается.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что состав линейных кор выветривания на изученной территории меняется в зависимости от состава исходных пород. В составе глинистых минералов кор выветривания по гнейсам и амфиболитам в зоне разломов, а также в коре выветривания по дайке пироксенита преобладают смектиты. В отличие от них характерными признаками коры выветривания по никеленосным дайкам и малым интрузиям является наличие в составе новообразованных минералов большого количества ярозита с незначительной примесью смектита и кристобалита, а в шлихе — ярозита, реликтовых сульфидов (пирит и галенит) и самородного золота. Породы этой коры выветривания отличаются повышенной концентрацией серы. Указанные признаки могут быть использованы при проведении

поисковых работ на сульфидное медно-никелевое оруденение в условиях Верхнего Приамурья и в сходных с ним регионах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Орлова Н.И., Воропаева Н.П., Васильев И.А., Дербико И.М. Коры выветривания Амурской области и их золотоносность // Отечественная геология. 1996. № 4. С. 37–40.

Степанов В.А., Мельников А.В., Стриха В.Е. Становая никеленосная провинция Дальнего Востока // Вестник СВКНИИ. 2008. № 2. С. 13–21.

Стриха В.Е., Степанов В.А., Родионов Н.И. Раннемеловая кортландит-пироксенит-габбровая ассоциация Верхнего Приамурья: геохронологические и геохимические данные // ДАН. 2006. Т. 407. № 5. С. 664–668.

Тихонов В.М. Отчет о геологоразведочных работах Моготской партии № 75 за 1965 г. Приленская эксп. 1966. 280 с.