ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени С. М. КИРОВА

Том 120 1961

К МИНЕРАЛОГИИ МАГНЕЗИАЛЬНО-ЖЕЛЕЗИСТЫХ ХЛОРИТОВ ОДНОГО ИЗ ТИТАНОМАГНЕТИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОГО САЯНА

О. М. ГЛАЗУНОВ

(Представлено профессором А. М. Кузьминым)

При изучении одного из титаномагнетитовых месторождений Лысанской группы в Восточном Саяне было установлено чрезвычайно широкое распространение в пределах его рудного поля магнезиально-железистых хлоритов. Среди других силикатов слоистой структуры хлориты занимают одно из первых мест как по площади распространения, так и по числу встречаемых разновидностей. Их можно видеть вокруг зерен титаномагнетита в серпентинизированных перидотитах; они замещают пироксен и амфиболы в габбро и пироксенитах и, наконец, слагают зальбанды рудных тел и жилы, секущие все без исключения породы интрузивного комплекса. Кроме того, хлориты располагаются на границе между различными литологическими образованиями и образуют линейные зоны и ореолы в апикальной части рудоносных массивов, еще не вскрытых эрозией.

В ассоциации с хлоритами особенно часто встречаются такие минералы как титаномагнетит, магнетит, ильменит, реже рутил, пирит, кварц, альбит, эпидот, биотит, доломит, гранат.

Учитывая пространственную и генетическую связь хлоритов с рудообразующими минералами, а следовательно, значительное участие их в процессе рудоотложения, мы по совету профессора А. М. Кузьмина провели изучение этой важной для данного месторождения и почти не исследованной минеральной группы. Нам представляется, что участки хлоритизации в определенных геологических условиях могут быть использованы для поисков слепых титаномагнетитовых залежей на территории западной части Восточного Саяна, ибо они достаточно четко выделяются на фоне хлоритизации пород, обусловленной региональным метаморфизмом.

Все хлориты месторождения различаются как по составу, так и по оптическим свойствам, и определенные виды хлоритов тесно связаны с определенным минералогическим парагенезисом и геологической обстановкой. Согласно классификации Д. П. Сердюченко, дополненной исследованиями В. П. Ивановой и В. И. Михеева, на месторождении выделяются следующие ряды хлоритов: 1) ряд пеннин — клинохлора, 2) ряд клинохлора, 3) ряд прохлорита.

Ряд пеннин-клинохлора. К этому ряду относятся зеленые хлориты с показателем преломления по *Nm*, изменяющимся от 1,577 до 1,590. Габитус кристаллов чешуйчатый, спайность заметна только в уд-

линенных листочках. В скрещенных николях почти изотропен и одноосен. В некоторых образцах двуосен с $2v=(-)5-10$; обнаруживает аномальную интерференционную окраску и погасание, близкое к прямому. Агрегаты минерала плотные, очень тонкочешуйчатые или розетковидные. Они оторачивают титаномагнетит, иногда совместно с пиритом и ильменитом залечивают трещинки в пироксенитах.

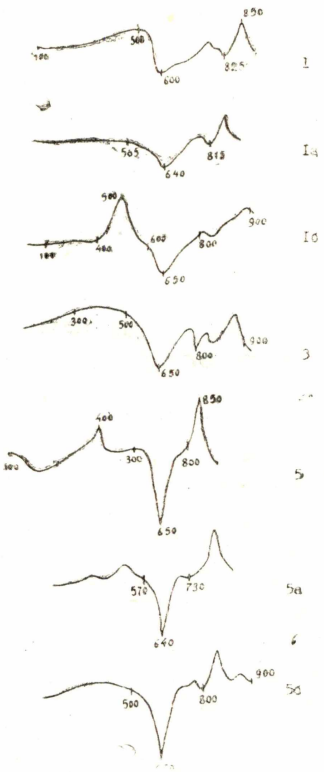

Рис. 1. Термические кривые хлоритов I, Ia, 3 — клинохлоры из Восточного Саяна. (1а — анализ В. П. Ивановой, 1949) 5, 5а, 5б — рипидолиты из Восточного Саяна, (5б — анализ А. Ф. Коржинского, 1959).

Минералы этого ряда характеризуются в общем сходными по конфигурации термическими кривыми (рис. 1) с первым ярким эндотермическим эффектом при температуре 640—650°С и вторым слабым эффектом при температуре 825—830°С, обусловленными выделением воды из бруситового и слюдяного слоя. Резкий экзотермический пик при температуре 850—855°С указывает на полное разрушение структуры хлоритов с образованием на их месте силикатов магния [13]. По характеру указанных эффектов описываемые хлориты близки к магнезиальному хлориту из амфиболитов украинского кристаллического массива. Некоторое различие между ними в характере кривой нагревания объясняется, видимо, неодинаковой степенью измельчения сравниваемых проб и, возможно, разницей в содержании в них связанной воды.

Одной из наиболее ярко выраженных особенностей хлоритов этого ряда, кроме указанных выше, в отличие от описанных здесь хлоритов, является их хорошая раскристаллизованность (подтверждается макроскопически и фильмами Дебая) и присутствие в них по спайности мельчайших включений ильменита. Химический состав одного из представителей данного ряда отображается следующей формулой (табл. 1, анализ 3).

$$(Si,\ Al)_{4,00}\{(Al,\ Ti,\ Fe^{3+})_{0,96}(Fe^{2+},\ Mg,\ Ca)_{4,88}\}_{5,84}\ (OH)_{4,40}\ O_{11,80}$$

Как видно, этот хлорит по составу и оптическим свойствам почти аналогичен пеннину из Пфитш (Тироль), описанному Искюль [13], но отличается в то же время от сравниваемого несколько большим содержанием алюминия, входящего в кремне-кислородный радикал, и меньшей долей магнезии в октаэдрическом слое (табл. 1).

2. Ряд клинохлора. Этот ряд объединяет хлориты, залегающие среди серпентинитов и пироксенитов, а также слагающие внешнюю часть эндоконтактовой оторочки массивов. По внешнему виду хлориты темно-зеленые, образуют мелкочешуйчатые или червеобразные агрегаты, почти всегда включают многочисленные, хорошо образованные октаэдры магнетита. Показатели преломления минералов по Nm изменяются от 1,593 до 1,617. На кривых нагревания первый эндотермический эффект, вызванный выделением основной порции конституционной воды, совпадает с 600—650°, второй эффект—с 800°С, причем второй эффект по величине в 3 раза меньше первого (рис. 1). Интересно заметить, что на

Таблица 1

Результаты химического анализа хлоритов[1])

Окислы	1	2	3	4	5	6	7
SiO_2	33,76	33,78	29,18	32,40	26,85	24,65	26,50
TiO_2	0,77	нет	0,66	—	0,19	2,02	0,03
Al_2O_3	13,81	13,24	16,57	19,17	22,15	18,83	20,85
Fe_2O_3	0,95	1,50	2,81	2,36	1,31	1,82	1,90
FeO	9,31	3,07	13,69	4,04	15,50	21,59	18,73
MnO	0,08	—	—	нет	—	—	0,52
MgO	28,11	34,41	24,70	27,62	21,66	17,85	19,85
CaO	0,86	сл.	0,40	нет	0,61	1,37	—
Na_2O	нет		—	нет	0,15	0,05	—
K_2O	нет	—	—	нет	нет	0,08	—
Cr_2O_3	0,08	—	нет	—	—	—	—
V_2O_5	0,04	—	0,05	—	0,03	—	—
P_2O_5	нет	—	—	—	—	—	—
Zn	—	—	0,02	—	—	—	—
H_2O+	12,37	13,89	11,38	12,21	12,20	11,60	11,65
H_2O-	0,57	—	0,34	1,56	—	—	0,12
п. п. п.			11,84	—	12,54	12,57	—
Сумма	100,24	100,05		99,85	100,98	100,83	100,15
Si	3,27	3,23	2,92	3,11	2,86	2,00	2,69
Al	0,73	0,77	1,08	0,89	1,33	1,81	1,31
Fe^{3+}	—	—	—	—	—	0,10 Ti—0,09	—
Al	0,84	0,71	0,87	1,28	1,26	—	1,17
Ti	0,05	—	0,04	—	0,01	0,03	—
Fe^{3+}	0,077	0,10	0,20	0,18	0,08	—	0,15
Cr	—	—	—	—	—	—	—
Fe^{2+}	0,75	0,25	1,14	0,32	1,28	1,47	1,59
Mg	4,05	4,91	3,68	3,95	3,19	2,16	3,01
Ca	0,08	—	0,04	—	0,06	0,11	—
OH	4,40	8,0	7,70	8,0	8,0	6,26	8,0
O	11,80	10,0	10,15	10,0	9,93	10,85	10,0
Nm	1,583		1,594		1,606	1,621	
b	9,20		9,23			9,28	
c Sin β	14,18		14,26			14,12	

1. Пеннин из прожилков в серпентините. *Nm* = 1,583. Обр. скв. 16—34. Восточные Саяны.
2. Пеннин из Пфитш, Тироль (Искюль, 1917) [13].
3. Клинохлор из контакта габбро и пироксенита. *Nm* = 1,594, Обр. *pk* — 11—b^a. Восточные Саяны.
4. Клинохлор темно-зеленый. Нанхонбор Хилл, Зап. Австралия (по Simpson, 1936) [13]
5. Рипидолит из кварц-карбонатной жилы. *Nm* = 1,606, Обр. 110. Восточные Саяны.
6. Рипидолит из биотито-доломитовой жилы. *Nm* = 1,621, Обр. скв. 17—$9^б$. Восточные Саяны.
7. Рипидолит из хлоритовых сланцев. *Nm* = *Np*. Андрота. Мадагаскар (по Orcel, 1927) Ниже во всех приведенных таблицах для хлоритов из Восточного Саяна принята единая нумерация.

[1]) Анализы химической лаборатории Красноярского геологоуправления. Руководитель лаборатории Н. Г. Рубаник.

термической кривой одного из хлоритов этого ряда, кроме эндотермических эффектов при температуре 600—650 и 800°С, обозначается четкий экзотермический пик при температуре 400°, отсутствующий на термограммах других хлоритов этого ряда. Этот эффект связан, по-видимому, с окислением закисного железа хлоритов [15]. По термическому определению данный хлорит занимает положение среднее между подгруппой пеннина-клинохлора и прохлорита-корундофиллита по классификации Ивановой [3]. Расчет кристаллохимической формулы клинохлора (табл. 1, анализ 3), отобранного с поверхности контакта габбро со сланцами, показывает, что хлориты этого ряда имеют почти равное количество магния и закисного железа, но оказываются более богатыми, чем вышеописанные, железистой составляющей и несколько обеднены магнезией. Ниже приводится формула этого хлорита.

$$(Si,\ Al)_{4,00}\ \{(Al,\ Ti,\ Fe^{3+})_{1,11}\ (Fe^{2+},\ Mg,\ Ca)_{4,86}\}_{5,97}\ (OH)_{7,70}\ O_{10,05}\ .$$

Данные хлориты сходны с метахлоритом с р. Малки (Кавказ) или с шухардитом из Кемпирсайского массива [7, 13]. Различие между нашим хлоритом и малкинским заключается в неодинаковом содержании в них Si, Al, Mg, отсутствии в нашем хлорите никеля. С шухардитом Лысанские клинохлоры сближают сходные рентгенометрические данные, однако нельзя говорить о полном сходстве их, так как на дебаеграммах наших хлоритов наряду с линиями шухардита есть интенсивные линии, характерные для эталонного тюрингита [9]. Сравнение таблиц межплоскостных расстояний хлорита со справочными данными показывает, что наиболее сильные дифракционные линии (интенсивность 8—10 баллов) соответствуют в этом образце (табл. 2, анализ 3) линиям клинохлора. По химическому составу данный хлорит (табл. 1, анализ 3) близок клинохлору из Нанханбар Хилл, Зап. Австралия (табл. 1). На классификационной диаграмме Д. П. Сердюченко (рис. 2) оба анализа попадают в поле клинохлора.

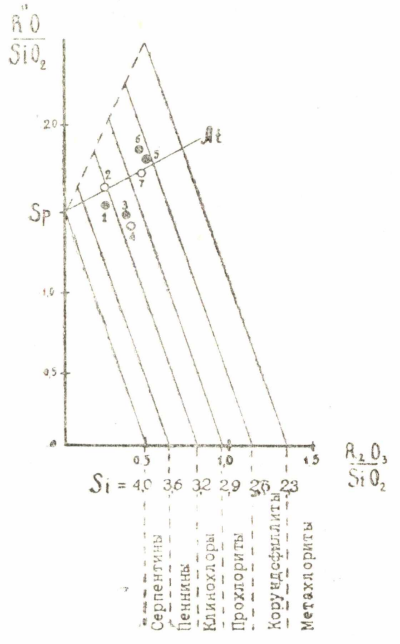

Рис. 2. Диаграмма Д. С. Сердюченко для состава хлоритов.
1, 2, 5, 6 — из Восточного Саяна; 2, 4, 7 — приведенные для сравнения.

Ряд прохлорита. Сюда относятся хлориты по времени выделения более поздние, чем описанные выше. Условия их нахождения несколько отличаются от условий распространения предыдущих хлоритов. Прохлориты генетически связаны с кварцевыми, кварц-карбонатными, кальцито-биотитовыми и эпидотовыми жилами, которые залечивают трещины отдельности и продольные тектонические зоны в различных интрузивных массивах. Уточняя относительное возрастное положение прохлоритов в общем комплексе сопутствующих минералов, укажем, что они выполняют пустоты в эпидоте, рассекают кальцит и биотит. Совместно с прохлоритами нередко находятся пирит, апатит.

Все относящиеся к этому ряду хлориты обладают густо-зеленой или зеленовато-фиолетовой, реже белесовато-зеленой окраской, образуют

Таблица 2

Таблица межплоскостных расстояний в хлоритах

3		4[a]		5		6[a]	
J	$\frac{d}{n}$	J	$\frac{d}{n}$	J	$\frac{d}{n}$	J	$\frac{d}{n}$
5	8,01	5	14,20	8	14,1	8	7,05
10	7,13	3	8,38	2	(9,0) β	6	4,68
5	5,29	4	(7,68)	8	7,90	7	3,53
10	4,75	8	7,05	10	7,1	4	3,36
5	3,95	4	(5,176)	3	(5,2) β	10	2,58
1	3,76	7	4,71	8	4,70	4	2,46
10	3,56	5	(3,888)	5	(3,89) β	4	2,39
4	3,12	10	3,530	1	3,71	3	2,27
1	3,01	2	3,115	10	3,53	7	2,013
4	2,88	8	2,812	1	3,24	3	1,892
8	2,85	1	2,68	3	(3,10) β	3	1,829
3	3,59	3	2,58	8	2,81	10	1,556
3	3,54	7	2,531	1	2,70	3	1,531
4	2,44	6	2,438	4	2,60	2	1,424
3	2,39	5	2,378	4	2,56	2	1,39
3	2,27	4	2,25	5	2,45	3	1,333
3	2,22	3	2,20	5	2,46	2	1,201
3	2,19	2	2,07	5	2,27	2	1,180
3	2,04	2	2,01	4	2,21	1	1,132
5	2,01	9	1,998	2	(2,07) β	3	1,102
4	1,88	5	1,879	8	2,01		
4	1,82	5	1,82	6	1,88		
3	1,80	2	1,726	4	1,82		
1	1,78	4	(1,693)	1	1,74		
7	1,73	5	1,65	3	(1,72) β		
1	1,69	9	1,56	3	1,70		
4	1,66	10	1,535	4	1,66		
8	1,570	4	1,50	9	1,565		
5	1,53	3	1,45	9	1,548		
2	1,50	4	1,41	6	1,512		
2	1,46	10	1,393	2	1,46		
4	1,42	2	1,34	8	1,39		
8	1,40						
2	1,35			1	1,35		

3 — клинохлор из Восточного Саяна. 4[a] — то же из Ахметовской копи (Михеев, 1957). 5 — рипидолит из Восточного Саяна. 6[a] — рипидолит (по Лазаренко, цит. по Михееву, 1957). Хлориты 3 и 5 проанализированы Б. Г. Эренбургом (ЗСГУ). Условия съемки: Fe — антикатод; $2R = 57{,}3$; $d = 0{,}7$, экспозиция 4 часа, исправления по NaCl.

волокнисто-пластинчатые и сфероидально-пластинчатые агрегаты. Показатель преломления изменяется от 1,606 до 1,620.

Погасание относительно трещин спайности прямое. Знак удлинения обратный, $2v=(+)10—20$. Химический состав прохлоритов изменяется в довольно широких пределах, в чем можно убедиться, сравнивая формулы (в табл. 1, анализы 5 и 6).

$$(Si,\ Al)_{4,00}\ \{(Al,\ Ti,\ Fe^{3+})_{1,35}\ (Fe^{2+},\ Mg,\ Ca)_{4,53}\}_{5,88}\ (OH)_{8,00}\ O_{9,93}. \quad (5)$$

$$(Si,\ Al,\ Fe^{3+},\ Ti)_{4,00}\ \{(Fe^{2+},\ Mg,\ Ca,\ Ti)\}_{3,74}\ (OH)_{6,26}\ O_{10,85}. \quad (6)$$

По термической характеристике изучаемые прохлориты приближаются к рипидолитам или занимают положение, среднее между рипидолитом и кеммереритом [4]. Термические кривые прохлоритов отличаются от кривых ранее охарактеризованных хлоритов очень вытянутым по вертикали первым эндотермическим эффектом и отсутствием второго эндоэффекта (рис. 1). Подобные хлориты соответствуют рипидолитам из хлоритовых сланцев Андроты, Мадагаскар (Орсель, 1927), (табл. 1, анализ 7), хлоритам из альбитизированных хлоритовых пород Кривого Рога (Половинкина и Иванова, 1953) и рипидолиту из трещин в гранито-гнейсах массива Аржантьер Изер (Орсель, 1927, цит. по Сердюченко). На диаграмме состава наши хлориты (анализы 5 и 6) занимают верхнюю часть полосы прохлоритов, располагаясь поблизости от линии *Sp—At*. Рядом с ними находится анализ хлорита из Андроты. Сопоставление прохлоритов с хлоритом из кварца плато Кваркуш на С. Урале, недавно описанным Н. П. Старковым, позволяет удостовериться в их тождестве по результатам химического и термического анализа [14]. Близок к цитируемому хлорит из кварцкарбонатных жил с г. Лысан (табл. 1, 5). Однако прохлорит с Лысана характеризуется некоторым своеобразием. В частности, он имеет более резко выраженный, чем хлорит Кваркуша, экзотермический пик при температуре 850°С. Вся связанная вода в прохлорите выделяется в один прием при температуре 550—650°С. Так как в составе рассматриваемых хлоритов магний незначительно преобладает над железом, их можно отнести к магнезиально-железистой группе.

В дополнение к этому охарактеризуем хлориты, которые, судя по высоким показателям преломления, обнаруживают заметное отклонение в сторону железистых разновидностей. Один из этих хлоритов генетически связан с жилками шорломита, рассекающего рудные серпентиниты. Хлорит чешуйчатый, густо-зеленого цвета, посторонних вкрапленников не содержит; $Nm=1,624$. Выделяется минерал позже граната, о чем свидетельствует факт пересечения граната жилками хлорита. Из-за невозможности отобрать соответствующие навески хлорит не подвергался ни термическому, ни спектральному и химическому анализам. Поэтому о его составе можно судить только по оптическим данным. Второй хлорит образует лепешкообразные, неравномерно распределенные обособления и струи, приуроченные к трещинам дробления и сланцеватости альбититов. Локализации хлорита имеют расплывчатые границы. Наблюдаются участки полного замещения альбитита хлоритом. В результате порода приобретает внешнее сходство с гнесовидными габбро. Цвет минерала зеленый, агрегаты тонкочешуйчатые, $Nm=1,633$. По данным спектрального анализа в нем, кроме железа и преобладающего над ним магния, установлены Al, Ti, Zn, Mg, Sr, Zr, Be, Ba, Co, то есть как раз тот комплекс элементов, который для других наших хлоритов не характерен (табл. 3, анализ 11). Эта особенность поведения некоторых элементов в данном хлорите объясняется своеобразными условиями его генезиса, о чем будет сказано ниже.

Как показывает изучение, хлориты на титаномагнетитовом месторождении пользуются чрезвычайно широким распространением. Большинство хлоритов по составу не выходит за пределы магнезиально-железистой подгруппы; редко находятся хлориты с отклонением в сторону железистых разновидностей. В пределах подгруппы состав хлоритов изменяется от пеннинов до прохлоритов.

Генетическая последовательность хлоритов представляется следующей. Наиболее ранние, ассоциирующие с титаномагнетитом, ильменитом, или замещающие роговую обманку хлориты имеют существенно магнезиальный состав; более поздние, связанные с проявлением собственно гидротермальной стадии интрузии имеют характер магнезиально-железистый. И, наконец, конечная стадия развития интрузии знаменуется выделением магнезиально-железистых хлоритов с повышенным содержанием в них железа.

Таблица 3

Результаты спектрального анализа хлоритов

Элементы	1	3	5	$5^б$	8	9	10	11
Ni	0, 0n	сл	0, 0n	сл	сл	сл	сл	нет
Co	0, 0n	нет	сл	0, 0n	сл	сл	сл	сл
V	сл	нет	нет	сл	сл	сл	сл	нет
Mn	0, 0n	—	0, n	0, 0n	0, 0n	0, 0n	0, n	0, 0n
Cr	0, 0n	нет	нет	сл	сл	нет	сл	нет
Cu	сл	сл	сл	сл		сл	0, 0n	нет
Zn	0, 0n	нет	0, 0n	0, 0n	0, 0n	0, 0n	0, 0n	0, 0n
Sr	сл	нет	нет	сл	нет	нет	нет	сл
Ba	сл	нет	нет	сл	нет	нет	нет	сл
Zr	сл	нет	нет	сл	сл	нет	нет	сл
Be	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	сл
Ga	—	—	сл	нет	нет	нет	сл	нет

1—пеннин; 2,3—клинохлор; $5,5^б$—рипидолит; 8, 9, 10, 11—хлориты

Примечание: 0,0 n—сотые доли процента, 0,n—десятые доли процента.

По содержанию элементов-примесей наши хлориты, исключая лишь один из хлоритов с Nm=1,633, не представляется возможным расчленить. Для всех них характерно присутствие Ti, Ni, Co, V, Cu, Zn и спорадическая встречаемость Zr, Be, Ba, Sr (табл. 3). Особенно интересным является высокое содержание в хлоритах Ni, Co и незначительное содержание V и Cu. Это несколько отличает их от хлоритов месторождений другого генетического типа [17]. Общая черта наших хлоритов — постоянное присутствие в них Zn. Известные данные пока не объясняют, как и где находит себе место в хлоритах цинк. Вероятно, он входит в состав октаэдрического слоя, замещая Mg или Fe вследствие близости ионных радиусов. Во всяком случае присутствие цинка в хлоритах, по мнению Д. П. Сердюченко, дает возможность при соответствующем изучении выделить как самостоятельные цинк-содержащие хлориты [13].

По мере перехода от пеннинов к прохлоритам количество железа в минералах, а следовательно, и показатели преломления, увеличиваются. Изменяются так же их термические свойства в связи с различным содержанием в хлоритах воды. Если в пеннин—клинохлорах конституционная вода выделяется в два приема в интервале температур от 600° (бру-

ситовый слой) до 825° (слюдоподобный слой), то в прохлоритах вся вода освобождается за одну стадию. При этом температурный интервал выделения воды в прохлоритах суживается до 640—650°. Быстрое и полное высвобождение воды объясняется, видимо, тем, что с увеличением гидроксильной группы ее связь с молекулой хлорита ослабевает. Прохлориты также отличаются более быстрым разрушением структуры при нагревании и образованием на их месте ортосиликатов магния.

Изменение состава хлоритов сопровождается изменением размеров элементарной ячейки (параметры b c $\sin\beta$). Объясняется это изменение явлениями полиморфизма (Сердюченко, 1953) и изоморфизма (Михеев, 1957).

По расчетам Б. Г. Эренбурга, индицировавшего некоторые наши рентгенограммы, параметр b заметно увеличивается при движении от клинохлоров к прохлоритам, то есть по мере обогащения минералов железистым компонентом и уменьшения в их составе доли магния (табл. 1).

Для иллюстрации сказанного все данные сведены в табл. 4.

Таблица 4

Параметры в kX	1	2	3	4	5
b	9,20	9,23	9,21	9,28	9,33
$c \sin\beta$	14,18	14,26	14,18	14,12	14,24

1, 2 — клинохлор и 4 — рипидолит из Восточного Саяна. 3 — клинохлор и 5 — рипидолит по Михееву (1957).

Следует кратко остановиться на вопросе генезиса хлоритов. Как показывает приведенный материал, большинство хлоритов, связанных с титаномагнетитовыми залежами, образовалось в результате магнезиального метасоматоза, происходившего, вероятно, при относительно низком кислородном потенциале и низкой температуре. Насколько активен был метасоматоз, показывает хотя бы факт образования магнезиальных хлоритов за счет альбититов, в которых содержание магния (0,5—0,6%) далеко не достаточно для кристаллизации из них хлоритов магнезиально-железистого ряда.

С целью выяснения условий образований наших хлоритов, наряду с парагенетическим анализом были проведены расчеты потенциала окисления [8] $\left(\frac{Fe^{3+}}{Fe^{2+}+Fe^{3+}}\right)$. Результаты сравнивались с потенциалом окисления магнетита, который, согласно данным Д. О. Онтоева и А. Г. Бетехтина, часто принимается за своего рода показатель кислородного режима системы 2,8. Величина потенциала равна у пеннинов 0,86, клинохлоров—0,1, рипидолитов—0,68 и в общем оказывается значительно ниже соответствующих данных у железистых хлоритов и магнетита. Как известно, магнетит образуется в восстановительной обстановке [2]. Следовательно, можно предположить, что наши хлориты кристаллизовались в еще более резко выраженной восстановительной среде, при относительно низком кислородном потенциале.

Различие в величинах окислительного потенциала свидетельствует об изменении парциального давления кислорода (кислородного режима) в процессе минералообразования. Если наиболее ранние по времени образования пеннины ассоциируют с титаномагнетитом и имеют повышенный кислородный потенциал, то в последующих прохлоритах он

заметно снижается. В результате вместо магнетита при наличии серы совместно с хлоритами выделяются такие сульфиды как пирит, пирротин, а также карбонаты. Вероятно, в данном случае минералообразующие растворы были недосыщены серой, так как во всех пиритах устанавливается большой дефицит серы по отношению к железу.

Из летучих компонентов в составе постмагматических растворов, кроме H_2O и S, несомненно, присутствовали F, CO_2, что доказывается нахождением с хлоритами карбонатов и апатита. В то же время кристаллизация отдельных хлоритов происходила, по-видимому, при достаточно высокой температуре и в щелочной среде, ибо перестройка структуры отдельных хлоритов, заключающаяся во вхождении титана в кремнекислородный радикал, согласно имеющимся данным, могла произойти лишь в этих физико-химических условиях [12].

В заключение отметим следующее.

Среди хлоритов, распространенных в пределах изучаемого титаномагнетитового месторождения, преобладают хлориты магнезиально-железистого состава, преимущественно клинохлоры и прохлориты. Магнезиальные и железистые хлориты имеют подчиненное значение и для данных месторождений не характерны. Этот вывод, видимо, имеет общее значение.

Тесная пространственная генетическая связь хлоритов с такими рудными минералами, как титаномагнетит и ильменит, позволяет наряду с другими признаками (серпентинизация, карбонатизация) считать хлориты одним из надежных признаков для поисков новых титановых месторождений в условиях западного склона Восточного Саяна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бетехтин А. Г. О влиянии режима серы и кислорода на парагенетические соотношения минералов в рудах. Изв. АН СССР, сер. геол. № 3, 1949.
2. Бетехтин А. Г. Гидротермальные растворы, их природа и процессы рудообразования. В кн.: Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. Изд. АН СССР, 1953.
3. Иванова В. П. Хлориты. Тр. ин-та геол. наук. Вып. 120, сер. петр., № 35, 1949.
4. Коржинский А. Ф. Термооптические исследования некоторых хлоритов Восточной Сибири. Зап. В. Сиб. отд. Всесоюзн. Минер. Общ. в. I, 1959.
5. Корнилов Н. А. Об аномальных оптических свойствах некоторых асбестовидных гидросиликатов. Зап. Всес. мин. общ. ч. 88, вып. 2, 1959.
6. Михеев В. И. Определение минералов группы хлоритов рентгенометрическим методом. Зап. Всес. Мин. общ., вторая серия, ч. 82, в. 3, 1953.
7. Михеев В. И. Рентгенометрический определитель минералов. Изд. Госгеолтехиздат, 1957.
8. Онтоев Д. О. О составе и условиях образования железистых хлоритов некоторых гидротермальных месторождений. Изв. АН СССР, сер. геол. № 4, 1956.
9. Половинкина Ю. И., Иванова В. П. О некоторых хлоритах и гидрослюдах Кривого Рога. Сб. Вопр. петр. и минер, т. 2, 1953.
10. Соболев Вл. Введение в минералогию силикатов. Изд. Львовского университета, 1949.
11. Сердюченко Д. П. О двух железистых хлоритах. ДАН СССР, т. X, № 3, 1948.
12. Сердюченко Д. П. О кристаллохимической роли титана в слюдах. ДАН СССР, т. IX, № 4, 1948.
13. Сердюченко Д. П. Хлориты, их химическая конституция и классификация. Тр. ин-та геол. наук, вып. 140, сер. минералогеохим., № 14, 1953.
14. Старков Н. П Хлорит из кварцевых жил плато Кваркуш на Урале. ЗВМО, сер. II, ч. 86, в. 4, 1957.
15. Роде Е. Я., Роде Т. В. Физико-химический анализ железистых хлоритов некоторых Уральских месторождений. Изв. АН СССР, сер. хим. № 6, 1940.
16. Шилин Д. М., Иванова В. П. Хлоритсодержащие породы. В сб. Измененные околорудные породы и их поисковое значение. Тр. ВСЕГЕИ. 1954.
17. Brjndley G. W; Gillery F. H. X—Ray identification of. chlorite. Amer. Mineral., vol. 41, 169—186, 1956.
18. See G. T.; Longhnanan F. C. A white chlorite from Coborgo. Amer. Mineral. vol. 43, № 7—8, 1958.