



И. К. ЛАТЫШ, В. А. ШАПОШНИКОВ

ГЕОХИМИЯ  
ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ  
СКЛЕВАТСКОГО  
МАГНЕТИТОВОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР  
ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ И ФИЗИКИ МИНЕРАЛОВ

550.42

И.К.Латыш, В.А.Шапошников

ГЕОХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ - ПРИМЕСЕЙ  
СКЕЛЕВАТСКОГО МАГНЕТИТОВОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ

(Научная информация)

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКОВА ДУМКА» КИЕВ-1974



В работе изложены геологические особенности строения и состава железистых кварцитов и сланцевых пород Скелеватского магнетитового месторождения Южного района Кривбасса на примере КГОКа. На литологической основе с учетом новых данных картирования месторождения составлены ряды поэлементной геохимической специализации. Для мономинеральных фракций магнетита, мартита, гидрокислов железа, карбонатов и хлорита установлены наиболее характерные элементы-примеси и диапазоны их концентраций.

Подробно рассматривается золотоносность участка и содержание серебра в железистых породах.

О т в е т с т в е н н ы й   р е д а к т о р  
академик АН УССР Н.П.СЕМЕНЕНКО

Редакция информационных изданий

0292 - 562  
Λ             
M22I(04)-74

С Институт геохимии и физики минералов АН УССР, 1974

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время годовая добыча железных руд в СССР достигает 210 млн. т, причем около 50% при измельчении обогащается.

Если из железных руд будут извлекаться хотя бы элементы, содержание которых в 10 раз и более превышает среднее содержание их в земной коре, то не нужно будет вводить в эксплуатацию многие месторождения цветных и редких металлов, строить на этих месторождениях обогатительные фабрики, что дает миллионные экономии государственных средств.

Скелеватское магнетитовое месторождение расположено в южной части замкновения основной Криворожской синклинали (в 12 км южнее Кривого Рога); оно обрабатывается карьером Южного горно-обогатительного комбината. На этом месторождении геохимические исследования не проводились.

Цель работы — дать геохимическую оценку распределения элементов-примесей и золотометрическую оценку руд месторождения.

При исследованиях выполнены следующие объемы работ.

Отобрано 500 специальных геохимических проб весом до 10 кг каждая. Описано 2000 шлифов и полированных шлифов.

Общая протяженность характеризуемых петрографически, минералогически, геохимически и золотометрически обнажений на уступах карьера 15940 пог.м.

Методом полуколичественного спектрального анализа в ИГФМ АН УССР проанализировано 419 геохимических проб.

Статистически обработано для геохимической оценки каждого подгоризонта участка (совместно с пробами ЮГОКа, выполненного в тресте "Кривбасгеология") 1020 проб.

Выделено 52 мономинеральные фракции с содержанием элементов-примесей и золота.

Произведен развернутый силикатный анализ 32 проб мономинеральных фракций.

Выполнено 32 рентгеноструктурных анализа мономинеральных фракций.

Проанализировано пробирным методом на золото 419 проб.

При обработке материалов опробования и данных содержания элементов-примесей широко использовались методы математической статистики.

## І. ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА

Дифференциация вещества в докембрии при образовании пород криво-рожной железорудной свиты на месторождении, выражающаяся в чередовании сланцевых и железистых горизонтов, свидетельствует о цикличности и ритмичности в осадконакоплении. Это обусловило повторение полного цикла осадконакопления — от алкмосиликатных сланцев ( $K_2^{4c}$  и  $K_2^{5c}$ ) до железистых роговиков и джеспилитов ( $K_2^{4ж}$ ,  $K_2^{5ж}$ ,  $K_2^{6ж}$ ).

В нормальном стратиграфическом разрезе, который можно отчетливо проследить на уступах горных работ, устанавливается закономерность (рис. I и 2) в составе и изменчивости горизонтов средней железорудной свиты.

Четвертый и пятый сланцевые горизонты в своей средней части сложены алкмосиликатными сланцами, с приближением к контакту с железистыми горизонтами, переходящими в железисто-силикатные, со всевозрастающим количеством прослоев безрудных роговиков. На контакте с четвертым железистым горизонтом в безрудных роговиках появляются железистые прослои, и порода переходит в железистосиликатные роговики.

В 1969—1970 гг. в результате проведенной структурно-геологической съемки масштаба 1:1000 уточнена структура этого месторождения и выяснено пространственное размещение минералогических разновидностей железистых роговиков [7].

Установлено, что их распределение в пределах железистого горизонта подчиняется определенной литологической последовательности [6—8], что позволяет достоверно решать ряд общегеологических вопросов, физико-механических определений и технологических исследований с перспективной их оценкой по доли каждого признака.

Внутреннее строение четвертого железистого горизонта месторождения на вскрытой карьере площади характеризуется значительной неоднородностью. В подошве и кровле его (лежащем и висячем боку) выделяются пачки белополосчатых, в общем серо-зеленых, магнетит-карбонат-силикатных роговиков мощностью 5—25 м.

Следует отметить, что в лежащем боку ( $K_2^{4ж-I}$ ) силикаты и карбонаты находятся примерно в равном соотношении и представлены сидероплезитом, хлоритом и биотитом. В висячем боку в основном преобладают силикаты, которые представлены биотитом и куммингтонитом ( $K_2^{4ж-7}$ ). К средней части горизонта они сменяются сначала темно-серыми силикат-карбонат-магнетитовыми роговиками ( $K_2^{4ж-2}$  и  $K_2^{4ж-6}$ ) с мощностью от 7 до 25 м, а затем серополосчатыми ( $K_2^{4ж-8}$ ) и краснополосчатыми ( $K_2^{4ж-5}$ ) магнетитовыми роговиками. Мощность последних резко меняется от 35 до 55 мм. Среднюю часть горизонта слагают пачки сине-серополосчатых гематит-магнетитовых роговиков ( $K_2^{4ж-4}$ ) с выдержанной почти повсеместно мощностью в 30 м.

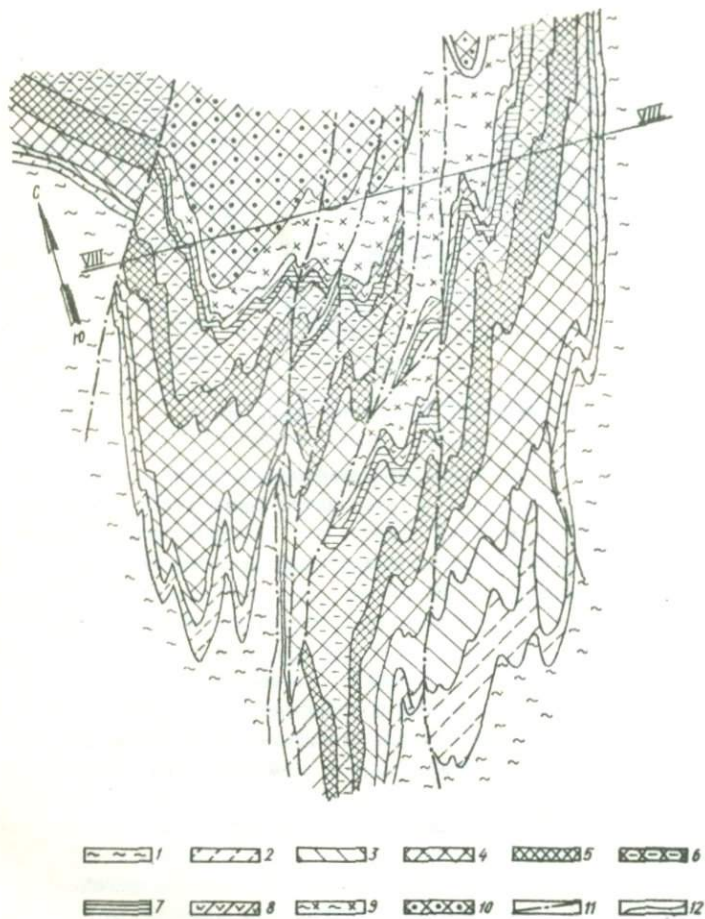


Рис. I. Схематическая геологическая карта Скелеватского магнетитового месторождения, составленная по данным структурно-геологической съемки:

I - переслаивание карбонат-силикатных кварцитов и биотит-хлоритовых сланцев с кварцевыми прослоями (четвертый сланцевый горизонт -  $K_2^{4C}$ ); 2 - магнетит-карбонатные ( $K_2^{4ж-1}$ ); 3 - карбонат-магнетитовые ( $K_2^{4ж-2}$ ); 4 - магнетитовые ( $K_2^{4ж-3}$ ); 5 - гематит-магнетитовые ( $K_2^{4ж-4}$ ); 6 - магнетитовые ( $K_2^{4ж-5}$ ); 7 - карбонат-магнетитовые ( $K_2^{4ж-6}$ ); 8 - силикат-магнетит-карбонатные ( $K_2^{4ж-7}$ ); 9 - переслаивание силикат-карбонатных кварцитов и биотит-хлорит-амфиболовых сланцев с кварцевыми прослоями (пятый сланцевый горизонт -  $K_2^{5C}$ ); 10 - гематит-марититовые, марититовые и гематит-марититовые кварциты пятого железистого горизонта ( $K_2^{5ж}$ ); 11 - разрывные нарушения; 12 - стратиграфические контакты.

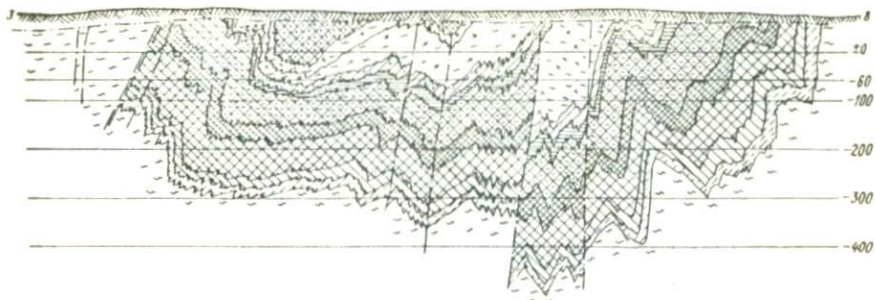


Рис.2. Геологический разрез по линии УШ-УШ.

Следует указать, что столь резкие колебания мощности отдельных пачек внутри горизонта связаны как с первичными фациальными факторами, так и с воздействием тектонических процессов. Суммарная истинная мощность четвертого железистого горизонта в пределах карьера КГОКа составляет 180 м, с колебаниями от 170 до 200 м.

Цикличность четвертого железистого горизонта характеризуется четкой симметричностью.

Серединой цикла является подгоризонт гематит-магнетитовых роговиков, выше и ниже которого расположены подгоризонты одноименных разновидностей железистых роговиков в следующем порядке: магнетитовые, карбонат-магнетитовые и магнетит-карбонатные с разным содержанием железистых силикатов.

Цикличность в разрезе четвертого железистого горизонта и соотношения подгоризонтов железистых роговиков по мощности отражены в табл. I.

Усредненный цикл образования четвертого железистого горизонта состоит из одного полного цикла, характеризующего последовательную смену тектонического и геохимического режимов в период накопления толщи железистого горизонта.

Таким образом, на месторождении в чередовании роговиков и джеспилитов четвертого железистого горизонта виден усредненный разрез осадконакопления, который характеризуется повторением полного цикла.

Охарактеризованная выше цикличность четвертого железистого горизонта должна рассматриваться как аутигенно-минералогическая зональность с идеально выраженным симметричным расположением однотипных подгоризонтов железисто-кремнистых пород.

Подгоризонты отличаются как по химическому и фазовому, так и по минеральному составу (табл.2 - 4).

Литогеологическое строение четвертого железистого горизонта на участ-

Таблица I

Цикличность и соотношение минералогических разновидностей роговиков в разрезе четвертого железистого горизонта месторождения

Цикличность	Подгоризонт		Мощность, м	Соотношение, %
	Индекс	Минералогическая разновидность роговиков		
Верхний полуцикл	K <sub>2</sub> <sup>4ж-7</sup>	Силикат-магнетит-карбонатные	5-15	6
То же	K <sub>2</sub> <sup>4ж-6</sup>	Карбонат-магнетитовые	7-12	5
"	K <sub>2</sub> <sup>4ж-5</sup>	Магнетитовые (краснополосчатые)	45-22	28
Середина цикла	K <sub>2</sub> <sup>4ж-4</sup>	Гематит-магнетитовые	30	17
Нижний полуцикл	K <sub>2</sub> <sup>4ж-3</sup>	Магнетитовые (серополосчатые)	35-55	25
То же	K <sub>2</sub> <sup>4ж-2</sup>	Карбонат-магнетитовые	8-25	9
"	K <sub>2</sub> <sup>4ж-1</sup>	Магнетит-карбонатные	10-25	10

ке месторождения отличается большой однородностью в пределах каждого разведочного профиля по всему простиранию железистого горизонта [6].

Все изменения связаны с увеличением или уменьшением мощностей, слагающих четвертый железистый горизонт пачек (подгоризонтов) минералогических разновидностей руд.

По простиранию четвертого железистого горизонта, в пределах проектного контура карьера, резкого колебания доли участия каждой из разновидностей в суммарной мощности толщи горизонта не наблюдалось [6,8].

При горных работах соотношение разновидностей роговиков будет различным для каждого из периодов планирования отдельных уступов на глубину.

Подгоризонты магнетитовых роговиков нижнего и верхнего полуциклов, как видно из табл. I, составляют на месторождении более 50% всей мощности разреза четвертого железистого горизонта. Совместно с пачкой гематит-магнетитовых роговиков они слагают основную центральную часть цикла, превышающую 70% его мощности.

Скелеватское магнетитовое месторождение — характерный осадочно-метаморфизованный тип месторождения.

Относится оно к фации зеленых сланцев с парагенетическими ассоциациями следующих минералов: хлоритов, магнетитов, гематитов, карбонатов.

О низкой степени метаморфизма свидетельствует как состав пород, так и крупность рудных минералов (в среднем 0,03-0,07 мм), которая обычно меньше, чем в северных районах Кривбасса.

К более позднему этапу, связанному с наложением вторичных явлений

метаморфизма, относятся процессы интенсивного карбонатного метасомато-  
за железистых роговиков четвертого железистого горизонта [II, I2].

Таблица 2

Химический и фазовый состав железистых роговиков  
подгоризонтов (пачек) Скелеватского магнетитового  
месторождения

Компонент	Индекс	Подгоризонт						
		K <sub>2</sub> <sup>4ж-1</sup>	K <sub>2</sub> <sup>4ж-2</sup>	K <sub>2</sub> <sup>4ж-3</sup>	K <sub>2</sub> <sup>4ж-4</sup>	K <sub>2</sub> <sup>4ж-5</sup>	K <sub>2</sub> <sup>4ж-6</sup>	K <sub>2</sub> <sup>4ж-7</sup>
<i>Fe<sub>общ</sub></i>	$\bar{x}$	29,72	35,66	37,95	37,47	35,97	33,63	30,14
	<i>Sx</i>	1,73	1,81	2,16	2,34	1,50	1,63	1,46
	<i>V</i>	5,84	5,10	5,7	6,25	4,08	5,00	4,84
<i>FeO</i>	$\bar{x}$	21,17	18,5	17,43	15,3	16,39	18,14	10,05
	<i>Sx</i>	2,08	1,22	1,46	1,65	1,24	1,40	2,86
	<i>V</i>	9,85	6,6	8,35	10,8	7,6	7,72	14,26
<i>SiO<sub>2</sub></i>	$\bar{x}$	85,71	86,72	87,14	17,95	37,95	38,56	37,64
	<i>Sx</i>	6,6	1,67	2,25	1,90	2,40	1,67	4,05
	<i>V</i>	18,5	4,55	6,05	5,00	6,35	4,35	10,8
<i>CO<sub>2</sub></i>	$\bar{x}$	10,58	6,61	4,51	3,58	4,95	6,72	9,7
	<i>Sx</i>	3,04	2,10	1,39	1,57	1,89	1,93	3,95
	<i>V</i>	28,8	31,8	30,8	44,0	38,2	28,0	37,7
<i>Fe<sub>магн</sub></i>	$\bar{x}$	19,28	28,8	33,00	30,00	30,68	26,55	18,91
	<i>Sx</i>	3,66	2,85	2,82	2,96	2,28	2,44	3,56
	<i>V</i>	19,0	10,0	8,55	9,9	7,43	10,6	18,8
<i>Fe<sub>свн</sub></i>	$\bar{x}$	1,85	1,61	2,19	5,31	2,44	1,68	2,00
	<i>Sx</i>	1,29	0,79	1,16	1,51	1,06	1,04	1,20
	<i>V</i>	70,0	49,0	53,0	28,4	43,5	62,5	60,0
<i>Fe<sub>карб</sub></i>	$\bar{x}$	10,22	4,7	2,63	2,04	2,59	5,16	9,24
	<i>Sx</i>	2,52	1,73	0,85	0,95	0,88	1,6	3,11
	<i>V</i>	24,6	36,3	32,4	46,8	34,0	31,0	33,6

Эти процессы (возможно, связанные с магматогенным источником) не сопровождались привнесом железа или даже значительным его перемещением. Они привели к изменению характера железистых пород четвертого железистого горизонта - с увеличением общего количества в их составе мало-железистых карбонатов.

Таблица 3

Средний минеральный состав железистых роговиков подгоризонтов (пачек) четвертого железистого горизонта Склеватского магнетитового месторождения (вес.%)

Минерал	Подгоризонт						
	К <sub>2</sub> <sup>4ж-1</sup>	К <sub>2</sub> <sup>4ж-2</sup>	К <sub>2</sub> <sup>4ж-3</sup>	К <sub>2</sub> <sup>4ж-4</sup>	К <sub>2</sub> <sup>4ж-5</sup>	К <sub>2</sub> <sup>4ж-6</sup>	К <sub>2</sub> <sup>4ж-7</sup>
Магнетит	26,70	39,00	47,00	41,80	42,70	37,00	27,00
Гематит	-	-	2,60	7,80	3,50	-	-
Силикат	7,19	6,50	2,34	0,90	4,60	8,80	7,56
Железистый карбонат	27,40	9,50	5,20	4,95	5,25	7,60	20,20
Нежелезистый карбонат	2,00	7,10	5,40	5,60	5,60	8,00	7,30
Кварц	35,71	36,72	37,14	37,95	37,95	38,56	37,64
Прочие	1,0	1,18	0,8	1,0	0,4	0,54	0,30
Сумма	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Таблица 4

Ряды возрастаний или убываний содержаний химических и фазовых компонентов подгоризонтов четвертого железистого горизонта Склеватского магнетитового месторождения

Компонент	Подгоризонт						
$Fe_{общ}$	К <sub>2</sub> <sup>4ж-4</sup> = К <sub>2</sub> <sup>4ж-3</sup>	> К <sub>2</sub> <sup>4ж-5</sup>	> К <sub>2</sub> <sup>4ж-2</sup>	> К <sub>2</sub> <sup>4ж-6</sup>	> К <sub>2</sub> <sup>4ж-7</sup>	= К <sub>2</sub> <sup>4ж-1</sup>	
$FeO$	К <sub>2</sub> <sup>4ж-4</sup> < К <sub>2</sub> <sup>4ж-3</sup>	= К <sub>2</sub> <sup>4ж-5</sup>	< К <sub>2</sub> <sup>4ж-2</sup>	= К <sub>2</sub> <sup>4ж-6</sup>	< К <sub>2</sub> <sup>4ж-7</sup>	= К <sub>2</sub> <sup>4ж-1</sup>	
$Fe_{магн}$	К <sub>2</sub> <sup>4ж-4</sup> < К <sub>2</sub> <sup>4ж-3</sup>	> К <sub>2</sub> <sup>4ж-5</sup>	> К <sub>2</sub> <sup>4ж-2</sup>	> К <sub>2</sub> <sup>4ж-6</sup>	> К <sub>2</sub> <sup>4ж-7</sup>	= К <sub>2</sub> <sup>4ж-1</sup>	
$CO_2$	К <sub>2</sub> <sup>4ж-4</sup> < К <sub>2</sub> <sup>4ж-3</sup>	= К <sub>2</sub> <sup>4ж-5</sup>	< К <sub>2</sub> <sup>4ж-2</sup>	= К <sub>2</sub> <sup>4ж-6</sup>	< К <sub>2</sub> <sup>4ж-7</sup>	= К <sub>2</sub> <sup>4ж-1</sup>	
$Fe_{зем} + Fe_{гидр}$	К <sub>2</sub> <sup>4ж-4</sup> < К <sub>2</sub> <sup>4ж-3</sup>	< К <sub>2</sub> <sup>4ж-5</sup>	> К <sub>2</sub> <sup>4ж-2</sup>	> К <sub>2</sub> <sup>4ж-6</sup>	= К <sub>2</sub> <sup>4ж-7</sup>	< К <sub>2</sub> <sup>4ж-1</sup>	
$Fe_{карб} + Fe_{силик}$	К <sub>2</sub> <sup>4ж-4</sup> = К <sub>2</sub> <sup>4ж-3</sup>	< К <sub>2</sub> <sup>4ж-5</sup>	< К <sub>2</sub> <sup>4ж-2</sup>	< К <sub>2</sub> <sup>4ж-6</sup>	< К <sub>2</sub> <sup>4ж-7</sup>	> К <sub>2</sub> <sup>4ж-1</sup>	
Индекс условных технологических типов руд	IV	I-II	-	III	-	УП	-

Карбонатный метасоматизм отразился на образовании карбонатов, которые отмечаются во всех (магнетитовых, гематит-магнетитовых) разновидностях роговиков  $K_2^{4\%}$ . Они распределяются чаще всего по контакту наложения - границам рудных и нерудных слоев, диффундируя через порово-капиллярные пространства, а также и в самих слоях, составляющих ритм роговиков. Для вторичных карбонатов характерны укрупненные формы, а также замещения ими других минералов.

Общее понижение железистости карбонатов в роговиках четвертого железистого горизонта и возрастание ее к сланцевым горизонтам также подтверждают это положение (см. табл.2), свидетельствуя о том, что карбонатный метасоматизм в основном затронул железистые роговики продуктивной толщи и пространственно связан с зонами тектонических нарушений (Тарапаковский и Скелеватский разломы).

Трещино-прожилковая и послонная вторичная карбонатизация железистых роговиков, проявляющаяся неравномерно в центральной части цикла (пятый, четвертый и третий подгорizontы), выражается в повышенном содержании двуокси углерода (в среднем 4%) в породах.

При этом наблюдается широкое распространение микро- и макропрожилковых скопления карбоната. Наряду с жильным выделением карбонатов увеличивается количество рассеянного карбоната в основной ткани роговиков по границам сочленения слоев и в самих слоях между агрегатными сращениями зерен магнетита с зернами кварца.

Размеры зерен жильного карбоната составляют 0,06-0,5 мм, рассеянного 0,01-0,03, а в отдельных случаях размер зерен карбоната в прожилках возрастает до 1-2 мм.

Прожилковые выделения карбоната характерны для зон Скелеватского и Югоковского надвигов.

Интенсивная карбонатизация связана с зоной Югоковского разлома и отмечается на уступах 30, 45, 60 и 75 м. Карбонатизация сопровождается здесь перекристаллизацией и уменьшением зерен кварца. В пределах зоны надвига количество карбоната резко возрастает до 42%, что приводит к разубоживанию руд, снижению их прочности.

Здесь часто фиксируются брекчии карбонатизированных роговиков в цементе вторичного карбоната и массивные "сахаровидные карбонаты", которые по своему характеру тяготеют к типичным карбонатитам.

Очень важный этап преобразования железистых роговиков Скелеватского месторождения связан с весьма длительным периодом интенсивного послепротерозойского выветривания, который, вероятно, проходил в условиях холодного климата и расчлененного рельефа.

В этих условиях произошло глубокое окисление магнетита с переходом его в мартит и псевдоморфное замещение железистых (а затем и маложелезистых) карбонатов гидроокислами железа. Одновременно происходило разрушение железистых силикатов с переходом в так называемую "краску",

представляющую собой тонкодисперсную смесь дисперсного гематита с глинистым веществом, а также шло интенсивное выщелачивание кварца, о чем свидетельствуют зоны глубокой маршалитизации ( $K_2^{4ж}$ ,  $K_2^{5ж}$ ,  $K_2^{6ж}$  и  $K_2^{6с}$ ).

Однако настоящий облик зоны окисления месторождения связан с нижнетретичным циклом последующего выветривания в условиях жаркого и влажного климата.

Возвышавшийся над поверхностью нижнетретичного моря край железистых пород участка замыкания подвергался с поверхности интенсивному выветриванию с образованием среди железистых пород так называемой коры выветривания четвертого железистого горизонта (приповерхностная граница залежей). Эта же кора выветривания была вторично наложена и на окисленные в постротерозойское время роговики пятого и шестого железистых горизонтов.

Для Скелеватского месторождения характерна площадно-линейная кора выветривания на железистых роговиках. Мощность зоны окисления роговиков непостоянна и колеблется от 4 до 75 м в западной и от 6-10 до 250(350 м) - в восточной части. Средняя мощность зоны окисления в контуре действующего карьера 23,32 м.

Зона окисления роговиков четвертого железистого горизонта вскрыта на полную мощность уступами горных работ и характеризуется определенной минералогической зональностью, наблюдаемой также визуально (табл. 5) [9, 10].

В основном зона окисления четвертого железистого горизонта площадного типа с карманообразной, неправильной конфигурацией ее границ в западном и восточном крыльях синклинали структуры.

Наиболее интенсивно зона окисления четвертого железистого горизонта проявлена в восточном крыле синклинали структуры.

Это следует увязывать с тектоническими и гидрогеологическими факторами.

Крупные тектонические нарушения обусловили значительное различие восточного и западного крыльев синклинали структуры с образованием зон сложноскладчатых структурных блоков, примыкающих к тектоническим нарушениям.

Восточное крыло складки характеризуется мелкими изоклинальными складками и отличается повышенной трещиноватостью роговиков, что обуславливает распространение зоны окисления на глубину до 850 м.

В западном крыле появляется тонкая микроскладчатость, значительная монолитность роговиков, повышенное окварцевание и тонкая слоистость пород. Все эти факторы предопределяют меньшую степень гипергенных преобразований железистых роговиков на этом участке.

Вещающие породы, представленные малорудными роговиками и сланцами, являются крепкими, устойчивыми, с резко пониженной степенью трещиноватости массива.

Цикличность и сопоставительная характеристика первичных пород железистых и пятого-шестого сланцевых горизонтов

Условный индекс	Мощность, м	Соотношение, %	Типы роговиков и руд
			Неокисленные роговики
$K_2^{50}$	10-50	-	Переслаивание хлорит-биотит-куммингтонитовых, кварц-карбонатных, кварцевых слоев с отдельными магнетитовыми прослоями
УП	49	4,6	Магнетит-силикат-карбонатные
III	28	3,8	Карбонат-магнетитовые
I-II	20	4,8	Магнетитовые
IУ	55	9,5	Гематит-магнетитовые и магнетит-гематитовые
I-II	20	4,8	Магнетитовые
III	18	0,9	Карбонат-магнетитовые
$K_2^{60}$	25	4,3	Малорудные роговики с ритмичной перемежаемостью кварцевых слоев с кварц-карбонатными и карбонатными, с редкими силикатными слюдами
III	27	4,6	Карбонат-магнетитовые
I-II	25	4,3	Магнетитовые
IУ	160	27,5	Железнослюdkово-магнетитовые и магнетит-железнослюdkовые
I-II	160	27,5	Магнетитовые

Ритмограмма  $K_2^{5ж}$   $K_2^{50}$  - УП-III-(I-II) - IУ - (I-II) -  $K_2^{50}$ ;

с их измененными в этапы гипергенеза аналогами пятого-шестого средней свиты Скелеватского магнетитового месторождения

геохимического профиля	Богатые гипергенные руды	Стратиграфический индекс
Окисленные аналоги		
Переслаивание дисперсно-гематит-гетитовых, кварц-гетитовых и кварцевых слоев с отдельными магнетитовыми прослоями	-	K <sub>2</sub> <sup>5c</sup>
Мартит-дисперсно-гематит-гетитовые	-	K <sub>2</sub> <sup>5ж-I</sup>
Гетит-мартитовые	Гетит-мартитовые	K <sub>2</sub> <sup>5ж-2</sup>
Мартитовые	Мартитовые	K <sub>2</sub> <sup>5ж-3</sup>
Гематит-мартитовые и мартит-гематитовые	Гематит-мартитовые, мартит-гематитовые	K <sub>2</sub> <sup>5ж-4</sup>
Мартитовые	Мартитовые	K <sub>2</sub> <sup>5ж-5</sup>
Гетит-мартитовые	Гетит-мартитовые	K <sub>2</sub> <sup>5ж-6</sup>
Малорудные роговики с ритмичной перемежаемостью кварцевых слоев с кварц-гетитовыми, с редкими дисперсно-гематитовыми слоями	-	K <sub>2</sub> <sup>6c</sup>
Гематит-мартитовые	-	K <sub>2</sub> <sup>6ж-I</sup>
Мартитовые	-	K <sub>2</sub> <sup>6ж-2</sup>
Железнослюдково-мартитовые и мартит-железнослюдковые	-	K <sub>2</sub> <sup>6ж-3</sup>
Мартитовые	-	K <sub>2</sub> <sup>6ж-4</sup>
Ритмограмма K <sub>2</sub> <sup>6ж</sup> - K <sub>2</sub> <sup>6c</sup> - III-(I-II)-IV-(I-II) - элювиальный размыв.		

Указанные особенности трещиноватости роговиков и сланцев определяют и различную степень их проницаемости – повышенную для роговиков и практически отсутствующую в сланцах.

Таким образом, приконтактные пачки и сланцы очень слабо затронуты процессами окисления.

Для зоны окисления роговиков четвертого железистого горизонта характерна определенная, визуально наблюдаемая вторичная зональность, выражающаяся в том, что центральная часть зоны обычно выщелочена, затем ее окаймляет зона маршалитизации. Эти наиболее глубоко окисленные части зоны окисления характеризуются низким содержанием железа, связанного с магнетитом ( $Fe_{магн}$  до 3%) и низким содержанием окиси железа.

Затем происходит последовательная смена зональности: а) окисленными лимонитизированными роговиками; б) полуокисленными и в) слабоокисленными роговиками.

Отличие роговиков в зональной коре выветривания по вещественному составу и крепости руд видно из табл.6.

Таблица 6

Состав, физическое состояние роговиков и крепость руд зональной коры выветривания

Зональная кора выветривания железистых роговиков	Физическое состояние	Коэффициент крепости, в баллах "f"	Содержание Fe общ, %
Зона:			
частичного выщелачивания (частичный вынос кварца)	Сыпучие	4-6	до 45
маршалитизации (интенсивно окисленные руды)	Пористые	4-8	до 39,8
лимонитизации (окисленные руды)	Плотные монолитные	10-16	до 40
частичного окисления (полуокисленные руды)	Плотные	18,5	до 38
очень слабого окисления (слабоокисленные руды)	Плотные	17,0	до 37

Значительный интерес представляет зона окисления роговиков и дже-спилитов пятого и шестого железистых и шестого сланцевого горизонтов.

Породы этих горизонтов, заполняющие ядро синклинальной структуры, маршалитизированы и полностью окислены.

Приповерхностное положение пород и мощная разломная зона, представленная несколькими плоскостями разрывных нарушений (Сколелватский надвиг), позволяют отнести ее к разряду площадно-линейной зоны окисления сложного типа.

## П. ГЕОХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ ПОРОД МЕСТОРОЖДЕНИЯ

### Содержание элементов и геохимические ряды стратиграфического разреза

Целью изучения геохимии элементов-примесей являлась их количественная оценка и распределение в литолого-фациальных и гипергенных профилях Скелеватского магнетитового месторождения.

Комплексное использование железных руд при возрастающих масштабах их добычи открывает большие возможности попутного получения ценнейшего сырья в количестве часто соизмеримом со всей продукцией специальных отраслей.

В настоящее время из железных руд извлекают только титан и ванадий. Дальнейшее комплексное использование железных руд с получением редких и рассеянных (ниобий, бор, редкие земли, кадмий, индий, германий, галлий, селен, теллур, стронций и др.), а также цветных (медь, кобальт, висмут и др.) элементов будет способствовать попутному получению остродефицитных видов минерального сырья. Большие масштабы добычи железной руды доказывают, что изучение распределения в них редких элементов имеет большое практическое значение.

Определение ассоциации элементов, концентрирующихся в руде вместе с железом, позволяет уточнить генезис железорудного месторождения, а в некоторых случаях - данные об источнике железа.

Полученные сведения позволяют правильно оценить железорудное месторождение и разработать оптимальную схему переработки его руд, обеспечивающую использование не только железа, но и других элементов, концентрирующихся в руде вместе с ним. Для достоверной оценки распределения элементов-примесей в железистых породах месторождения пробы отбирали по густой сети опробования в пределах каждой из пачек разновидностей руд и пород через 5-10 м.

Для спектрального полуколичественного анализа (лаборатория ИГФМ АН УССР) отобрано и представлено 420 проб. Данные этих определений дополнены результатами 600 анализов геологической службы комбината (спектральная лаборатория треста "Кривбассгеология"), что позволило рассчитать по значениям 1020 проб среднее содержание элементов-примесей и достоверно оценить их количественное соотношение.

В основу опробования и оценки по железистым горизонтам ( $K_2^{4ж}$ ,  $K_2^{5-6ж}$ ) положен литолого-фациальный признак расчленения каждого из них на подгоризонты с характерными для каждого минералогическими разновидностями.

Подробное расчленение этих горизонтов является основой для построения геохимических и генетических расчетов.

Результаты спектрального и золотометрического анализов

Номер пробы	Стратиграфический индекс	Минерал	Э л е		
			Mn	Ni	Ti
103	K <sub>24ж-1</sub> <sup>4с</sup>	Магнетит	0,006	<0,001	~0,001
867	K <sub>24ж-1</sub>	"	0,01	<0,001	<0,001
412	K <sub>24ж-2</sub>	"	0,006	-	<0,001
50	K <sub>24ж-2</sub>	"	0,01	-	<0,001
511	K <sub>24ж-3</sub>	"	0,01	<0,001	<0,001
226	K <sub>24ж-3</sub>	"	0,01	<0,001	<0,001
966	K <sub>24ж-4</sub>	"	0,01	<0,001	~0,001
353	K <sub>24ж-5</sub>	"	0,01	<0,001	<0,001
488	K <sub>24ж-5</sub>	"	0,01	<0,001	<0,001
770	K <sub>24ж-6</sub>	"	0,01	<0,001	<0,001
179	K <sub>24ж-7</sub>	"	0,01	<0,001	0,001
966a	K <sub>25с</sub>	Мартит	0,01	<0,001	0,001
115	K <sub>24с</sub>	"	0,03	~0,001	<0,001
240	K <sub>24ж-5</sub>	"	0,01	-	<0,001
1001	K <sub>24ж-3</sub>	"	0,01	-	<0,001
698	K <sub>24ж-4</sub>	"	0,01	-	0,001
822	K <sub>24ж-5</sub>	"	0,01	-	<0,001
003	K <sub>24ж-6</sub>	"	0,01	<0,001	~0,001
898	K <sub>25ж-3</sub>	"	0,006	<0,001	<0,001
808	K <sub>26ж-3</sub>	"	0,006	<0,001	<0,001
1022	K <sub>24ж-4</sub>	Гематит	0,01	-	~0,001
40	K <sub>26ж-4</sub>	"	0,01	0,001	<0,001
1342	K <sub>24с</sub>	Гидроокислы железа	0,03	0,001	<0,006
1321	Зона разлома	"	0,03	0,001	<0,001
1343	"	"	0,03	~0,001	<0,001
1289	K <sub>4ж-1</sub>	"	0,008	<0,001	~0,1
652	K <sub>25ж-1</sub>	"	0,01	<0,001	<0,001
004	Средние хвосты Карбонат		0,2	<0,001	0,006
241	K <sub>4ж</sub> <sup>POF-2</sup>	"	0,06	-	<0,001
999	K <sub>24ж</sub>	"	0,07	<0,001	<0,001
1317	K <sub>24ж-2</sub>	Хлорит	0,1-0,2	<0,001	~0,001

Примечание: Co, Mo, W, Hf, Nb, Ta, Pb, Sb, Bi, Zn, Cd, Sn, Ga, Sc, Ce, La, Li, Sr, Ba, Th, As не обнаружено.

Золото же обнаружено в пробах 1321, 1343, 1289, 652, 004, 241, 999, 1317 в количестве 0,003-0,01 г/т.

Таблица 7

мономинеральных фракций железистых пород

м е н т							
V	Cr	Zr	Сu	Ge	Be	У	Уб
-	-	-	-	<0,001	-	-	-
-	-	-	-	<0,001	-	~0,001	~0,0001
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	<0,001	-	-	-
-	-	-	-	<0,001	-	-	-
-	-	-	-	<0,006	-	-	-
-	-	-	<1	<0,001	-	-	-
-	-	-	-	<0,001	-	-	-
-	-	-	-	<0,001	-	-	-
-	-	-	-	<0,001	-	-	-
-	0,008	-	-	<0,001	-	-	-
-	-	-	<0,0001	<0,001	0,0001	-	-
-	-	-	-	<0,001	-	-	-
-	-	-	-	<0,001	-	-	-
-	-	-	-	<0,001	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	<0,0001	<0,001	-	-	-
-	-	-	-	<0,001	-	-	-
-	-	-	-	<0,001	-	-	-
-	-	-	-	<0,001	-	-	-
-	-	-	-	<0,001	-	-	-
-	-	-	-	<0,001	<0,0001	-	-
0,001	0,008	0,008	0,01	<0,001	0,0001	-	-
-	-	-	<0,0001	<0,001	0,0001	-	-
0,001	0,006	0,006	~0,0001	-	<0,0001	-	-
-	-	-	0,008	<0,001	0,0001	-	-
<0,001	-	-	~0,001	-	<0,0001	-	-
-	-	-	<0,0001	-	-	-	-
-	-	-	0,0008	<0,001	-	-	-
<0,001	-	-	0,0006	<0,001	<0,0001	-	-

1078



Для оценки распределения элементов-примесей в отдельных минералах из наиболее распространенных минералогических разновидностей руд выделены 32 мономинеральные фракции основных рудных минералов - магнетита, гематита, мартита, гетита, карбоната, хлорита (табл.7).

Содержание элементов-примесей в пределах каждой минералогической разновидности оценивалось по данным полуколичественного спектрального анализа при минимуме 50 и максимуме 80 проб по каждой из них, что дает достоверную характеристику их распределения.

Проведен полуколичественный спектральный анализ следующего ряда элементов: марганца, никеля, кобальта, титана, тантала, меди, свинца, серебра, сурьмы, висмута, цинка, кадмия, олова, германия, галлия, бериллия, скандия, селена, лантана, иттрия, фосфора, иттербия, лития, стронция, бария, технеция, мышьяка.

Наиболее распространенные элементы-примеси в железистых роговиках, постоянно присутствующие в железистых и сланцевых горизонтах, следующие  $Mn, Ni, Ti, V, Cr, Zr, Cu$  и аксессуарный  $Be$ . При этом содержание  $Mn$  и  $Ti$  составляет  $1 \cdot 10^{-2}\%$ , а остальные не превышают  $1 \cdot 10^{-3}\%$ . Значительно реже встречаются  $Sc, La, Y, Ge, Ga, Ba, Nb, Zr$ , совершенно не обнаружены  $Co, Mo, W, Hf, Ta, Ag, Pb, Sb, Bi, Cd, Sn, Li, Sr, Th, As$  и  $Yb$ .

Данные полуколичественных спектральных анализов приведены в табл.8-10.

В табл.8 приведены рассчитанные средние значения содержания элементов в неокисленных минералогических разновидностях железистых роговиков и сланцев.

В табл. 9 и 10 приведены рассчитанные средние значения содержания элементов в рудах гипергенного профиля - стратиграфически соответствующих неокисленным их аналогам.

Как видно из табл.8, средние содержания  $\bar{x}$  различных элементов-примесей в неокисленных подгоризонтах стратиграфических горизонтов (минералогических разновидностей руд и пород) различны и варьируют в широких пределах.

Средние значения элементов-примесей  $Be, V, Ge, Ga, Mn, Ni, Ti, Cr, Zr$  установлены для:

а) неокисленных минералогических разновидностей руд и пород стратиграфических горизонтов и их подгоризонтов:  $K_2^{4ж}$  ( $K_2^{4ж-4}, K_2^{4ж-2}, K_2^{4ж-3}, K_2^{4ж-4}, K_2^{4ж-5}, K_2^{4ж-6}$  и  $K_2^{4ж-7}$ );  $K_2^{4с}$  и  $K_2^{15с}$ ;  $K_2^{5ж-1}$ , а также и для их частично окисленных аналогов:  $K_2^{4ж-3}, K_2^{4ж-4}, K_2^{4ж-5}$  (зон маршалитизации) и  $K_2^{4ж-2}$  (зон приповерхностного окисления, латеритообразования) (см. табл.8);

б) окисленных при гипергенных процессах аналогов неокисленных руд из тех же подгоризонтов четвертого железистого горизонта:  $K_2^{4ж-2}, K_2^{4ж-3}, K_2^{4ж-4}, K_2^{4ж-5}, K_2^{4ж-6}$  (зон окисления участков маршалитизации и частич-

ного выщелачивания) и  $K_2^{4ж-4}$ ,  $K_2^{4ж-3}$ ,  $K_2^{4ж-5}$ ,  $K_2^{4ж-6}$  (зона приповерхностного окисления - кор выветривания латеритного типа) (табл.9);

в) окисленных при гипергенезе руд и пород подгоризонтов пятого и шестого железистых и шестого сланцевого горизонта:  $K_2^{5ж-1}$ ,  $K_2^{5ж-2}$ ,  $K_2^{5ж-3}$ ,  $K_2^{5ж-4}$ ,  $K_2^{5ж-5}$ ,  $K_2^{5ж-6с}$ ,  $K_2^{6ж-1}$ ,  $K_2^{6ж-2}$ ,  $K_2^{6ж-3}$ ,  $K_2^{6ж-4}$  (табл.10)

Указанные значения положены в основу (табл.11) геохимических рядов количественного соотношения элементов (по значению  $\bar{x}$ ) в типах руд и пород минералогических разновидностей подгоризонтов стратиграфических горизонтов средней свиты Скелеватского магнетитового месторождения.

Бериллий. В неокисленных минералогических разновидностях руд и пород подгоризонтов стратиграфических горизонтов концентрации бериллия в подгоризонтах  $K_2^{4ж-2}$ ,  $K_2^{4ж-4}$ ,  $K_2^{5ж-1}$  максимальные (0,001%), промежуточное положение занимают  $K_2^{6с}$  и  $K_2^{5ж-1}$  и минимальные его содержания в третьем, шестом, седьмом и пятом подгоризонтах четвертого железистого горизонта.

В четвертом сланцевом горизонте бериллий не обнаружен. Четкой его приуроченности к литологическому типу роговиков и сланцев установить не удастся, однако наибольшие его концентрации связаны с верхней частью (середины и верхи) толщи средней свиты.

В зоне окисления маршалитизированных и частично выщелоченных разновидностей наибольшие концентрации бериллия приурочены к пятому железистому горизонту (подгоризонты  $K_2^{5ж-5}$  и  $K_2^{5ж-2}$ ), минимальные к шестому ( $K_2^{6ж-2}$ ) и подгоризонту  $K_2^{5ж-4}$  пятого железистого горизонта.

В зоне окисления, коры выветривания латеритного типа, четвертого железистого горизонта бериллий, как и стронций, по данным многих работ, по-видимому, связан с альбитом - минералом довольно часто отмеченным в составе слоев железистых пород. Содержание бериллия в подгоризонтах  $K_2^{4ж-3}$ ,  $K_2^{4ж-4}$ ,  $K_2^{4ж-5}$  и  $K_2^{4ж-6}$  находится на одном уровне значимости.

Ванадий. В неокисленных разновидностях руд и пород подгоризонтов стратиграфических горизонтов максимальные концентрации его приурочены к породам пятого и шестого сланцевых горизонтов к близким по стратиграфическому положению подгоризонтам  $K_2^{5ж-1}$ ,  $K_2^{4ж-6}$  и  $K_2^{4ж-2}$ ,  $K_2^{4ж-3}$ , минимальные содержания приходятся на подгоризонты верхнего полуцикла  $K_2^{4ж-5}$  и  $K_2^{4ж-7}$ , промежуточное положение приходится на середину цикла  $K_2^{4ж-4}$ .

В зоне окисления зона маршалитизации четвертого, пятого и шестого железистых и шестого сланцевого горизонтов максимум ванадия содержится в  $K_2^{6с}$  и первом, третьем и четвертом подгоризонтах шестого железистого горизонта, меньше его в  $K_2^{6ж-2}$  и  $K_2^{5ж-4}$  при промежуточном положении второго и шестого подгоризонтов четвертого железистого горизонта.

В плотных окисленных роговиках  $K_2^{4ж}$  латеритоподобной коры выветривания приповерхностного типа максимум ванадия содержится в роговиках,

Средние содержания ( $\bar{x}$ ), стандарты отклонений ( $Sx$ )  
в минералогических разновидностях железистых пород  
Скелеватского магнетитового

Элемент	Индекс	Подгори- зонт $K_2^{40}$	Магнетитовые разности (неокисленные)				
			$K_2^{4ж-1}$	$K_2^{4ж-2}$	$K_2^{4ж-3}$	$K_2^{4ж-4}$	$K_2^{4ж-5}$
Be	$\bar{x}$	-	$6 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$
	$Sx$	-	-	-	$1,3 \cdot 10^{-9}$	$4,3 \cdot 10^{-10}$	-
	$V$	-	-	-	0,76	0,39	-
V	$\bar{x}$	$2 \cdot 10^{-3}$	-	$1 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-4}$
	$Sx$	$3 \cdot 10^{-6}$	-	$1 \cdot 10^{-5}$	$3,5 \cdot 10^{-10}$	$4 \cdot 10^{-9}$	$3 \cdot 10^{-7}$
	$V$	0,96	-	0,07	0,23	0,25	1,64
Ga	$\bar{x}$	$5 \cdot 10^{-4}$	Следы	-	-	-	$2 \cdot 10^{-4}$
	$Sx$	$1 \cdot 10^{-7}$	-	-	-	-	-
	$V$	0,72	-	-	-	-	-
Be	$\bar{x}$	Следы	$6 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$
	$Sx$	-	-	$8 \cdot 10^{-7}$	$1,5 \cdot 10^{-7}$	$1,4 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{-7}$
	$V$	-	-	1,49	1,10	0,94	1,46
Mn	$\bar{x}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-3}$
	$Sx$	$1 \cdot 10^{-4}$	-	$2 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$4,6 \cdot 10^{-6}$
	$V$	0,45	-	0,32	1,007	3,06	0,28
Cu	$\bar{x}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$
	$Sx$	$1 \cdot 10^{-7}$	-	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$2,7 \cdot 10^{-8}$	$4 \cdot 10^{-7}$
	$V$	1,15	-	1,49	1,10	1,53	1,70
Ni	$\bar{x}$	$2 \cdot 10^{-4}$	-	$7 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-8}$	$7,6 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$
	$Sx$	$2 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$
	$V$	1,9	-	0,93	1,08	0,5	2,16
Y	$\bar{x}$	$5 \cdot 10^{-3}$	-	-	Следы	-	-
	$Sx$	-	-	-	-	-	-
	$V$	-	-	-	-	-	-

Таблица 8

и коэффициенты вариаций ( $V$ ) элементов-примесей  
 $K_2^{4c}$ ,  $K_2^{5c}$ ,  $K_2^{5ж-I}$  в подгоризонтах  $K_2^{4o}$   
 месторождения

подгоризонтов		Подгоризонт		Частичноокисленные аналоги			
$K_2^{4ж-6}$	$K_2^{4ж-7}$	$K_2^{5c}$	$K_2^{5ж-I}$	Зон маршалитизации			Полупроводниковый $K_2^{4ж-2}$
				$K_2^{4ж-3}$	$K_2^{4ж-4}$	$K_2^{4ж-5}$	
$4 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	-	$6 \cdot 10^{-5}$	-	$1 \cdot 10^{-4}$
$7 \cdot 10^{-9}$	$2 \cdot 10^{-9}$	$1,1 \cdot 10^{-9}$	-	-	-	-	-
2,80	1,06	0,60	-	-	-	-	-
$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-8}$	$4 \cdot 10^{-4}$	-	Следы	Следы	$2 \cdot 10^{-4}$
$6 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	-	-	-	-	-
0,49	1,28	0,88	-	-	-	-	-
-	Следы	Следы	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
$5 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-8}$	-	$1 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	Следы
$3 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$1,4 \cdot 10^{-7}$	-	-	-	-	-
1,10	0,87	1,02	-	-	-	-	-
$2 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-8}$	$7 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
$8 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-8}$	-	-	-	-	-
0,79	1,06	1,78	-	-	-	-	-
$2 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$
$5 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$7 \cdot 10^{-8}$	-	-	-	-	-
0,90	1,15	0,94	-	-	-	-	-
$5 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-12}$	-	-	-	-	-
$4 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-8}$	$4 \cdot 10^{-4}$	Следы	$3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-8}$
1,68	2,20	0,0078	-	-	-	-	-
Следы	-	Следы	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-

Элемент	Индекс	Подгори- зонт, K <sub>2</sub> <sup>4c</sup>	Магнетитовые разности (неокисленные)				
			K <sub>2</sub> <sup>4ж-1</sup>	K <sub>2</sub> <sup>4ж-2</sup>	K <sub>2</sub> <sup>4ж-3</sup>	K <sub>2</sub> <sup>4ж-4</sup>	K <sub>2</sub> <sup>4ж-5</sup>
La	$\bar{x}$	$2 \cdot 10^{-3}$	-	Следы	Следы	Следы	-
	Sx	-	-	-	-	-	-
	V	-	-	-	-	-	-
Sc	$\bar{x}$	$1 \cdot 10^{-4}$	-	-	-	-	-
	Sx	$1 \cdot 10^{-10}$	-	-	-	-	-
	V	0,067	-	-	-	-	-
Ti	$\bar{x}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$
	Sx	$7 \cdot 10^{-3}$	-	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$7,4 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-12}$
	V	0,0048	-	0,09	0,25	1,68	0,001
Cr	$\bar{x}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$
	Sx	$6 \cdot 10^{-5}$	-	$2 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$5,3 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-5}$
	V	1,55	-	1,15	1,43	0,94	1,87
Zn	$\bar{x}$	-	Следы	$9 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-3}$
	Sx	-	-	-	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-5}$
	V	-	-	-	0,68	0,10	0,86
Zr	$\bar{x}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	Следы	Следы
	Sx	$1 \cdot 10^{-6}$	-	-	$3 \cdot 10^{-7}$	-	-
	V	0,71	-	-	1,08	-	-
Va	x	$1 \cdot 10^{-2}$	-	-	Следы	-	-

подгоризонтов		Подгоризонт		Частичноокисленные аналоги			
К <sub>2</sub> <sup>4ж-6</sup>	К <sub>2</sub> <sup>4ж-7</sup>	К <sub>2</sub> <sup>5с</sup>	К <sub>2</sub> <sup>5ж-1</sup>	Зон маршалитизации			Приповерхностные К <sub>2</sub> <sup>4ж-2</sup>
				К <sub>2</sub> <sup>4ж-3</sup>	К <sub>2</sub> <sup>4ж-4</sup>	К <sub>2</sub> <sup>4ж-5</sup>	
-	Следы	Следы	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	Следы	Следы	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
2·10 <sup>-8</sup> 4,8·10 <sup>-6</sup> 0,92	5·10 <sup>-8</sup> 3·10 <sup>-4</sup> 3,20	2·10 <sup>-8</sup> 9,5·10 <sup>-5</sup> 0,60	2·10 <sup>-8</sup> - -	1·10 <sup>-8</sup> - -	3·10 <sup>-4</sup> - -	1·10 <sup>-8</sup> - -	4·10 <sup>-8</sup> - -
3·10 <sup>-8</sup> 3·10 <sup>-5</sup> 1,72	4·10 <sup>-8</sup> 5·10 <sup>-5</sup> 1,70	6·10 <sup>-8</sup> 1·10 <sup>-5</sup> 0,57	3·10 <sup>-8</sup> - -	Следы - -	2·10 <sup>-8</sup> - -	1·10 <sup>-2</sup> - -	8·10 <sup>-8</sup> - -
7·10 <sup>-4</sup> 3·10 <sup>-7</sup> 0,73	4·10 <sup>-4</sup> 1·10 <sup>-7</sup> 0,90	Следы - -	- - -	- - -	Следы - -	Следы - -	- - -
3·10 <sup>-4</sup> 1·10 <sup>-7</sup> 1,50	4·10 <sup>-5</sup> 1·10 <sup>-7</sup> 1,00	6·10 <sup>-4</sup> 9·10 <sup>-8</sup> 0,48	3·10 <sup>-4</sup> - -	Следы - -	- - -	- - -	1·10 <sup>-8</sup> - -
-	-	-	-	-	-	-	-

Средние содержания элементов-примесей ( $\bar{X}$ ) в минералогических разновидностях  
подгоризонтов зон окисления четвертого железистого горизонта  $K_2^{4ж}$   
Скелеватского магнетитового месторождения

Элемент	Зона окисления участков маршализации и частичного выщелачивания					Зона приповерхностного окисления коры выветривания латеритного типа			
	$K_2^{4ж-2}$	$K_2^{4ж-3}$	$K_2^{4ж-4}$	$K_2^{4ж-5}$	$K_2^{4ж-6}$	$K_2^{4ж-4}$	$K_2^{4ж-3}$	$K_2^{4ж-5}$	$K_2^{4ж-6}$
<i>Be</i>	$7 \cdot 10^{-5}$	Следы	Следы	Следы	-	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$
<i>V</i>	$7 \cdot 10^{-5}$	Следы	Следы	Следы	$1 \cdot 10^{-4}$	-	$1 \cdot 10^{-3}$	-	$5 \cdot 10^{-5}$
<i>Ba</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ge</i>	Следы	$7 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	-	-	-	-	-
<i>Mn</i>	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$
<i>Cu</i>	$2 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	-	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$
<i>Ni</i>	$4 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	-	$1 \cdot 10^{-3}$	-	$5 \cdot 10^{-5}$
<i>Y</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>La</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sc</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ti</i>	$1 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$
<i>Cr</i>	$9 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$	Следы	$4 \cdot 10^{-3}$	-	$5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$
<i>Zn</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Zr</i>	$7 \cdot 10^{-4}$	Следы	Следы	Следы	$1 \cdot 10^{-3}$	-	-	-	$5 \cdot 10^{-4}$
<i>Va</i>	Следы	-	-	-	$1 \cdot 10^{-4}$	-	-	-	-

Средние содержания элементов-примесей ( $\bar{X}$ ) в минералогических разновидностях подгоризонтов зоны окисления пятого и шестого железистых и шестого сланцевого горизонта Скелеватского магнетитового месторождения

Элемент	П о д г о р и з о н т									
	K <sub>2</sub> <sup>5ж-1</sup>	K <sub>2</sub> <sup>5ж-2</sup>	K <sub>2</sub> <sup>5ж-3</sup>	K <sub>2</sub> <sup>5ж-4</sup>	K <sub>2</sub> <sup>5ж-5</sup>	K <sub>2</sub> <sup>6с</sup>	K <sub>2</sub> <sup>6ж-1</sup>	K <sub>2</sub> <sup>6ж-2</sup>	K <sub>2</sub> <sup>6ж-3</sup>	K <sub>2</sub> <sup>6ж-4</sup>
<i>Be</i>	-	1·10 <sup>-4</sup>	-	4·10 <sup>-5</sup>	1·10 <sup>-4</sup>	Следы	-	5·10 <sup>-5</sup>	-	-
<i>V</i>	5·10 <sup>-5</sup>	-	-	3·10 <sup>-5</sup>	-	1·10 <sup>-8</sup>	1·10 <sup>-8</sup>	5·10 <sup>-5</sup>	1·10 <sup>-8</sup>	1·10 <sup>-8</sup>
<i>Ca</i>	-	-	-	Следы	-	-	-	-	-	-
<i>Ge</i>	1·10 <sup>-8</sup>	1·10 <sup>-8</sup>	-	3·10 <sup>-4</sup>	-	1·10 <sup>-8</sup>	1·10 <sup>-8</sup>	-	1·10 <sup>-8</sup>	1·10 <sup>-8</sup>
<i>Mn</i>	6·10 <sup>-8</sup>	6·10 <sup>-8</sup>	-	3·10 <sup>-2</sup>	1·10 <sup>-8</sup>	1·10 <sup>-2</sup>	9·10 <sup>-8</sup>	4·10 <sup>-8</sup>	6·10 <sup>-8</sup>	6·10 <sup>-8</sup>
<i>Cu</i>	1·10 <sup>-4</sup>	1·10 <sup>-4</sup>	-	1·10 <sup>-4</sup>	1·10 <sup>-4</sup>	2·10 <sup>-4</sup>	1·10 <sup>-4</sup>	1·10 <sup>-4</sup>	2·10 <sup>-4</sup>	1·10 <sup>-4</sup>
<i>Ni</i>	1·10 <sup>-8</sup>	6·10 <sup>-4</sup>	-	3·10 <sup>-4</sup>	-	1·10 <sup>-8</sup>	1·10 <sup>-8</sup>	1·10 <sup>-8</sup>	1·10 <sup>-8</sup>	1·10 <sup>-8</sup>
<i>Y</i>	-	-	-	Следы	-	Следы	-	-	-	-
<i>La</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sc</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ti</i>	6·10 <sup>-8</sup>	1·10 <sup>-8</sup>	-	2·10 <sup>-8</sup>	1·10 <sup>-8</sup>	3·10 <sup>-2</sup>	3·10 <sup>-8</sup>	5·10 <sup>-4</sup>	3·10 <sup>-8</sup>	4·10 <sup>-8</sup>
<i>Cr</i>	6·10 <sup>-8</sup>	-	-	3·10 <sup>-8</sup>	-	4·10 <sup>-8</sup>	5·10 <sup>-8</sup>	1·10 <sup>-8</sup>	1·10 <sup>-4</sup>	1·10 <sup>-2</sup>
<i>Zn</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Zr</i>	5·10 <sup>-4</sup>	-	-	3·10 <sup>-8</sup>	1·10 <sup>-8</sup>	5·10 <sup>-4</sup>	-	5·10 <sup>-4</sup>	-	-

Геохимические ряды количественного соотношения среднего  
руд и пород минералогических разновидностей подгоризонтов  
Скелеватского магнетитового

Элемент	Типы руд минералогических разновидностей подгоризонтов стратиграфических горизонтов средней свиты	Геохимический ряд	
Be	Неокисленные разновидности	$K_2^{4x-2} > K_2^{4x-4} > K_2^{5x-1} > K_2^{5c} = K_2^{4x-1}$	
	Окисленные, зон маршалитизации и частичного выщелачивания	$K_2^{5x-5} = K_2^{5x-2} > K_2^{4x-2} > K_2^{5x-2} > K_2^{5x-4}$	
	Окисленные, плотные площадной, латеритоподобной коры выветривания	$K_2^{4x-3} = K_2^{4x-4} = K_2^{4x-5} = K_2^{4x-6}$	-
V	Неокисленные разновидности	$K_2^{5c} > K_2^{4c} > K_2^{5x-1} > K_2^{4x-6} > K_2^{4x-2}$	
	Окисленные, зон маршалитизации и частичного выщелачивания	$K_2^{6c} = K_2^{6x-1} = K_2^{6x-3} = K_2^{6x-4} > K_2^{4x-6}$	
	Окисленные, плотные площадной, латеритоподобной коры выветривания	$K_2^{4x-8} > K_2^{4x-2} > K_2^{4x-6}$	- -
Ge	Неокисленные разновидности	$K_2^{5x-1} > K_2^{4x-2} = K_2^{4x-1} > K_2^{4x-6} > K_2^{4x-4}$	
	Окисленные, зон маршалитизации и частичного выщелачивания	$K_2^{5x-1} = K_2^{5x-2} = K_2^{6c} = K_2^{6x-1} = K_2^{6x-3}$	
Ca	Неокисленные разновидности	$K_2^{4c} > K_2^{5x-5}$	- - -
Mn	Неокисленные разновидности	$K_2^{5x-1} > K_2^{5c} > K_2^{4x-1} > K_2^{4x-7} = K_2^{4c}$	
	Окисленные, зон маршалитизации и частичного выщелачивания	$K_2^{4x-6} = K_2^{5x-4} > K_2^{4x-3} > K_2^{6c} = K_2^{4x-5}$	
	Окисленные, плотные площадной, латеритоподобной коры выветривания	$K_2^{4x-2} = K_2^{4x-3} > K_2^{4x-4} = K_2^{4x-5} > K_2^{4x-6}$	
Si	Неокисленные разновидности	$K_2^{4x-5} > K_2^{4x-7} = K_2^{5c} = K_2^{4x-3} = K_2^{4x-2}$	
	Окисленные, зон маршалитизации и частичного выщелачивания	$K_2^{4x-4} > K_2^{4x-2} = K_2^{4x-5} = K_2^{6c} = K_2^{6x-3}$	
	Окисленные, плотные площадной, латеритоподобной коры выветривания	$K_2^{4x-2} = K_2^{4x-4} = K_2^{4x-5} = K_2^{4x-6}$	-

содержания элементов-примесей (по значениям) в типах стратиграфических горизонтов средней свиты месторождения

количественного соотношения элементов

$>K_2^{4ж-8}$	$>K_2^{4ж-6}$	$=K_2^{4ж-7}$	$>K_2^{4ж-5}$	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
$>K_2^{4ж-8}$	$=K_2^{4ж-4}$	$>K_2^{4ж-5}$	$=K_2^{4ж-7}$	-	-	-	-	-
$>K_2^{4ж-2}$	$>K_2^{6ж-2}$	$>K_2^{5ж-4}$	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
$=K_2^{4ж-5}$	$=K_2^{4ж-7}$	$=K_2^{5с}$	$>K_2^{4ж-8}$	-	-	-	-	-
$=K_2^{6ж-4}$	$>K_2^{4ж-4}$	$=K_2^{4ж-5}$	$>K_2^{4ж-8}$	$>K_2^{5ж-4}$	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
$=K_2^{4ж-8}$	$>K_2^{4ж-6}$	$=K_2^{4ж-2}$	$>K_2^{4ж-5}$	-	-	-	-	-
$>K_2^{5ж-I}$	$=K_2^{5ж-2}$	$=K_2^{6ж-8}$	$=K_2^{6ж-4}$	$>K_2^{4ж-2}$	$>K_2^{6ж-2}$	$>K_2^{6ж-I}$	$=K_2^{5ж-5}$	$>K_2^{4ж-4}$
-	-	-	-	-	-	-	-	-
$=K_2^{4с}$	$=K_2^{4ж-4}$	$>K_2^{4ж-I}$	$=K_2^{4ж-6}$	$>K_2^{5ж-I}$	-	-	-	-
$>K_2^{4ж-8}$	$=K_2^{4ж-6}$	$=K_2^{5ж-I}$	$>K_2^{5ж-2}$	$=K_2^{5ж-4}$	$=K_2^{5ж-5}$	$>K_2^{6ж-I}$	$=K_2^{6ж-2}$	$=K_2^{6ж-4}$
-	-	-	-	-	-	-	-	-

Элемент	Типы руд минералогических разновидностей подгоризонтов стратиграфических горизонтов средней свиты	Геохимический ряд
Ni	<p>Неокисленные разновидности Окисленные, зон маршалитизации и частичного выщелачивания</p> <p>Окисленные, плотные площадной, латеритоподобной коры выветривания</p>	$K_2^{4c} > K_2^{4ж-I} = K_2^{4ж-5} = K_2^{5c} > K_2^{4ж-7}$ $K_2^{6c} = K_2^{6ж-I} = K_2^{6ж-2} = K_2^{6ж-3} = K_2^{6ж-4}$ $K_2^{4ж-2} > K_2^{4ж-3} > K_2^{4ж-6}$
Ti	<p>Неокисленные разновидности Окисленные, зон маршалитизации и частичного выщелачивания</p> <p>Окисленные, плотные площадной, латеритоподобной коры выветривания</p>	$K_2^{4c} > K_2^{4ж-7} > K_2^{5c} > K_2^{4ж-I} > K_2^{4ж-4}$ $K_2^{6c} > K_2^{4ж-8} > K_2^{5ж-I} > K_2^{4ж-6} = K_2^{6ж-4}$ $K_2^{4ж-2} > K_2^{4ж-4} = K_2^{4ж-3} = K_2^{4ж-5} = K_2^{4ж-6}$
Cr	<p>Неокисленные разновидности Окисленные, зон маршалитизации и частичного выщелачивания</p> <p>Окисленные, плотные площадной, латеритоподобной коры выветривания</p>	$K_2^{5c} > K_2^{4c} = K_2^{4ж-I} > K_2^{4ж-3} = K_2^{4ж-7}$ $K_2^{6ж-4} > K_2^{4ж-2} > K_2^{4ж-3} = K_2^{5ж-I} > K_2^{6ж-I}$ $K_2^{4ж-3} > K_2^{4ж-2} > K_2^{4ж-4} > K_2^{4ж-6} > K_2^{4ж-5}$
Zn	Неокисленные разновидности	$K_2^{4ж-5} > K_2^{4ж-2} > K_2^{4ж-4} > K_2^{4ж-6} > K_2^{4ж-7}$
Zr	<p>Неокисленные разновидности Окисленные, зон маршалитизации и частичного выщелачивания</p> <p>Окисленные, плотные площадной, латеритоподобной коры выветривания</p>	$K_2^{4c} > K_2^{5c} > K_2^{4ж-I} > K_2^{4ж-3} > K_2^{4ж-2}$ $K_2^{4ж-6} = K_2^{5ж-5} > K_2^{4ж-2} > K_2^{5ж-I} = K_2^{4c}$ $K_2^{4ж-2} > K_2^{4ж-6} \quad - \quad - \quad -$

## КОЛИЧЕСТВЕННОГО СООТНОШЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

$>K_2^{4x-2} = K_2^{4x-6} = K_2^{5x-1} > K_2^{4x-4} = K_2^{4x-3}$	-	-	-	-
$= K_2^{5x-1} > K_2^{4x-4} = K_2^{4x-5} > K_2^{5x-2} > K_2^{4x-2} > K_2^{4x-3} = K_2^{4x-4} = K_2^{4x-6}$	-	-	-	-
-	-	-	-	-
$= K_2^{4x-6} = K_2^{5x-1} > K_2^{4x-2} = K_2^{4x-3} = K_2^{4x-5}$	-	-	-	-
$> K_2^{6x-1} = K_2^{6x-3} > K_2^{5x-4} > K_2^{4x-2} > K_2^{4x-4} > K_2^{4x-5} > K_2^{5x-5} = K_2^{5x-2} > K_2^{6x-2}$	-	-	-	-
-	-	-	-	-
$> K_2^{4x-5} = K_2^{4x-6} = K_2^{5x-1} > K_2^{4x-2} = K_2^{4x-4}$	-	-	-	-
$> K_2^{4x-5} = K_2^{6x} > K_2^{5x-4} > K_2^{6x-2} > K_2^{6x-3}$	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
$= K_2^{4x-6} = K_2^{5x-1} > K_2^{4x-7}$	-	-	-	-
$= K_2^{6x-2} > K_2^{5x-4}$	-	-	-	-
-	-	-	-	-

лежащих пачек нижнего полуцикла ( $K_2^{4ж-3}$  и  $K_2^{4ж-2}$ ) и меньше его в верхнем полуцикле ( $K_2^{4ж-6}$ ).

В распределении ванадия существует четкая закономерность максимального его накопления в сланцевых породах четвертого, пятого и шестого сланцевых горизонтов и уменьшение содержания к собственно железистым породам — роговикам подгоризонтов четвертого железистого горизонта (третьего, четвертого, пятого и седьмого подгоризонтов с высоким содержанием магнетита).

Германий. В неокисленных минералогических разновидностях подгоризонтов стратиграфических горизонтов максимальные концентрации германия связаны с подгоризонтами, где распределены магнетито-силикатно-карбонатные, силикатно-карбонатные роговики  $K_2^{5ж-1}$ ,  $K_2^{4ж-2}$ ,  $K_2^{4ж-1}$ ,  $K_2^{4ж-6}$ , промежуточную концентрацию имеет подгоризонт  $K_2^{4ж-4}$ , минимальные концентрации приходятся на подгоризонты  $K_2^{4ж-5}$ ,  $K_2^{4ж-7}$ ,  $K_2^{5с}$  и  $K_2^{4ж-8}$ , отсутствует германий в  $K_2^{4с}$  [13].

В подгоризонтах окисленных роговиков зон маршалитизации и частичного выщелачивания прослеживается равномерное его распределение почти во всех минералогических разновидностях пятого и шестого железистых и шестого сланцевого горизонтов (кроме  $K_2^{5ж-4}$ , где его содержание минимально).

В подгоризонтах четвертого железистого горизонта ( $K_2^{4ж-4}$ ,  $K_2^{4ж-5}$ ,  $K_2^{4ж-8}$ ) содержание германия ниже, чем в выщелачиваемых ( $K_2^{5с-6ж}$  и  $K_2^{6с}$ ).

Характерно также, что в окисленных рудах содержание германия несколько выше, чем в неокисленных и, по-видимому, связано с "окрашенными" слоями.

Галлий. Распространение его в железистых породах месторождения ограничено.

Концентрации его отмечены лишь в четвертом сланцевом и пятом подгоризонте ( $K_2^{4ж-5}$ ) четвертого железистого горизонта, где, по-видимому, он связан с силикатными минералами.

Характерно отсутствие его в окисленных роговиках.

Следы его обнаружены в подгоризонтах, содержащих повышенное количество силикатных слоев,  $K_2^{4ж-1}$ ,  $K_2^{4ж-7}$  и  $K_2^{5с}$ .

Марганец — наиболее распространенный элемент, связанный, вероятно, с карбонатными минералами исходных метаморфизованных толщ.

Максимум его накопления приходится на подгоризонты приконтактных пачек ( $K_2^{5ж-1}$ ,  $K_2^{4ж-1}$ ,  $K_2^{4ж-7}$ ) и сланцевые горизонты ( $K_2^{5с}$  и  $K_2^{4с}$ ).

Уменьшение содержаний идет в сторону подгоризонтов собственно четвертого железистого горизонта.

В зоне окисления участков маршалитизации распределение его сложно (см. табл. 9, 10) и литологической закономерности не наблюдается. Это

обусловлено сложностью и многофакторностью процессов выщелачивания и окисления.

В зоне окисления приповерхностных участков (латеритоподобного типа), где гипергенные процессы имели более простой характер, отмечается закономерное снижение его содержаний от подгоризонтов нижнего полуцикла ( $K_2^{4ж-2}$  и  $K_2^{4ж-3}$ ) к подгоризонтам верхнего полуцикла ( $K_2^{4ж-5}$  и  $K_2^{4ж-6}$ ).

Марганец в железистых породах связан с карбонатами, в состав которых он входит в виде изоморфной примеси.

**М е д ь.** В подгоризонтах неокисленных роговиков четвертого железистого горизонта максимум ее содержаний приходится на магнетитовые роговики подгоризонта  $K_2^{4ж-5}$  (наиболее пиритизированного), а в большинстве пачек подгоризонтов она распределена довольно равномерно и содержание ее в подгоризонтах  $K_2^{4ж-7}$ ,  $K_2^{4ж-3}$ ,  $K_2^{4ж-2}$ ,  $K_2^{4ж-4}$  такое же, как в  $K_2^{4с}$  и  $K_2^{5с}$ .

Некоторое снижение содержания меди приходится на подгоризонты  $K_2^{4ж-1}$  и  $K_2^{4ж-6}$  и минимальное на  $K_2^{5ж-1}$ .

В зоне окисленных участков маршалитизации содержание меди уменьшается по сравнению с неокисленными аналогами, но иногда остается на том же уровне.

В зоне окисления приповерхностной части (плотные роговики) содержание меди в подгоризонтах – разновидностях роговиков четвертого железистого горизонта – характеризуется очень стабильным содержанием, выдержанным на одном уровне.

**Н и к е л ь.** Наибольшее содержание его для неокисленных разностей приходится на железистые породы четвертого сланцевого горизонта, затем последовательно высокие его содержания приходятся на подгоризонты  $K_2^{4ж-1}$  и  $K_2^{4ж-5}$  и пятый сланцевый горизонт  $K_2^{5с}$ . Понижение его происходит в шестом, четвертом и третьем подгоризонтах четвертого железистого горизонта и пачке  $K_2^{5ж-1}$ , промежуточное положение занимают пачки  $K_2^{4ж-7}$  и  $K_2^{4ж-2}$ .

Затруднительно связывать накопление никеля с каждым литологическим типом пород в отдельности, но общая тенденция преобладания его в большей части пород сланцевых горизонтов и силикатсодержащих подгоризонтов несомненна.

В зонах окисления участков маршалитизации максимум накопления никеля приходится на шестой сланцевый горизонт при стабильном равномерном содержании его в ряде подгоризонтов шестого железистого горизонта и снижении в сторону подгоризонтов четвертого железистого горизонта.

В зонах приповерхностного окисления сланцевые горизонты в гипергенных профилях не опробованы и установить закономерность распределения от сланцевых до железистого горизонтов не удается.

**Т и т а н .** В неокисленных минералогических разновидностях подгоризонтов четвертого железистого горизонта наблюдается закономерное преобладание его в породах четвертого и пятого сланцевого горизонта, подгоризонте  $K_2^{4ж-7}$ , приконтактном с пятым сланцевым горизонтом, и  $K_2^{4ж-1}$ , приконтактном с четвертым сланцевым горизонтом.

Промежуточное положение занимает подгоризонт  $K_2^{4ж-4}$  - середина цикла четвертого железистого горизонта.

Содержания титана уменьшаются в сторону подгоризонтов  $K_2^{4ж-6}$ ,  $K_2^{4ж-2}$ ,  $K_2^{4ж-3}$ ,  $K_2^{4ж-5}$ .

В окисленных роговиках и сланцах участков маршалитизации эта закономерность распределения титана несколько нарушается, но общая тенденция сохраняется.

Максимум накопления - в шестом сланцевом горизонте и силикатсодержащих (в неокисленных аналогах) роговиках подгоризонтов четвертого железистого горизонта, с понижением концентраций в сторону подгоризонтов пятого-шестого железистых горизонтов.

В зоне окисления приповерхностной части месторождения (латиритообразование) максимум титана связан с силикатсодержащим подгоризонтом  $K_2^{4ж-2}$  (в отношении исходного неокисленного аналога), а для остальной части подгоризонтов  $K_2^{4ж-4}$ ,  $K_2^{4ж-3}$ ,  $K_2^{4ж-5}$  и  $K_2^{4ж-6}$  характерно стабильное равномерное его распределение, т.е. в этих зонах титан склонен к нивелированию содержаний в литологических типах железистых пород, что связано с особенностями окисления.

Титан довольно распространенный элемент метаморфических железисто-кремнистых пород.

Содержание его в роговиках и породах связано с аксессуарным рутилом, который более распространен в сланцевых породах и, в меньшей степени, в железистых роговиках.

**Х р о м .** В неокисленной части месторождений в четвертом и пятом сланцевых горизонтах и подгоризонтах четвертого железистого горизонта хром имеет максимум накопления в сланцевых горизонтах  $K_2^{5с}$  и  $K_2^{4с}$  и в близких пределах в подгоризонтах с силикатными прослоями  $K_2^{4ж-1}$ ,  $K_2^{4ж-7}$ ,  $K_2^{4ж-3}$  с уменьшением в сторону более железистых пород-роговиков  $K_2^{4ж-5}$ ,  $K_2^{4ж-6}$ ,  $K_2^{4ж-2}$ , с минимумом значений для  $K_2^{4ж-4}$ .

В зоне окисления содержание хрома повышается, но в некоторых случаях остается на том же уровне.

Характер накопления хрома очень сложный и связан с гипергенными процессами, происходящими на месторождении.

**Ц и н к .** имеет четкую закономерность распределения. Он обнаружен только в неокисленных роговиках месторождения. В породах четвертого и пятого сланцевого горизонтов обнаружены его следы.

Цинк распределен только в подгоризонтах - минералогических разно-

видностях железистых роговиков четвертого железистого горизонта — с максимумом в пятом и втором и минимумом в шестом и седьмом подгоризонтах при промежуточном положении значений для четвертого подгоризонта ( $K_2^{4ж-4}$ ).

Для зоны окисления характерно отсутствие цинка, что подчеркивает интенсивность его миграции в гипергенных профилях.

Цирконий, как элемент-примесь железистых и сланцевых метаморфизованных пород, связан с наличием в них акцессорного циркона.

В неокисленных рудах отмечается определенная закономерность в его распределении — при максимальных концентрациях в породах сланцевых горизонтов, затем в нисходящей последовательности к роговикам собственно железистой толщи, содержащих силикатные слои, при следах нахождения в безсиликатных роговиках гематито-магнетитового состава подгоризонта  $K_2^{4ж-4}$ . В зоне окисления четкой закономерности его приуроченности к сланцевым и железистым породам не установлено, поскольку зона окисления сланцевых пород не опробовалась для этих целей, а распределение в подгоризонтах железистых пород имеет определенную последовательность по количественному значению его содержаний (см. табл. II).

Барий в неокисленной части месторождения обнаружен только в породах четвертого сланцевого горизонта (содержание  $1 \cdot 10^{-2}$ ), а следы его зафиксированы в подгоризонте  $K_2^{4ж-3}$  (магнетитовые роговики).

В зоне окисления участков маршалитизации только подгоризонт  $K_2^{4ж-6}$  содержит его в количестве  $1 \cdot 10^{-4}$ , а следы обнаружены в подгоризонте  $K_2^{4ж-2}$  (аналогичные литологические подгоризонты). В других подгоризонтах он не обнаружен.

В зоне окисления приповерхностного типа он фиксируется также в подгоризонте  $K_2^{4ж-6}$  (содержание  $5 \cdot 10^{-4}$ ).

В пятом-шестом железистом и шестом сланцевом горизонтах он полностью отсутствует.

Содержание элементов-примесей в минералах железистых пород средней сгиты Скелеватского магнетитового месторождения

Выделенные 32 мономинеральные фракции и частично очищенные смеси анализировались химическими, рентгеноструктурными, минералогическими и спектральными методами (см. табл. 7).

В магнетите, мартите, гематите, гидроокислах железа (гетитах), карбонатах и хлоритах полуколичественным спектральным методом определено содержание элементов-примесей.

В указанных минералах обнаружен марганец, никель, титан, германий; в части проб — ванадий, хром, цирконий, медь; очень редки примеси иттрия и иттербия; отсутствует кобальт, молибден, вольфрам, гафний, нио-

бий, тантал, свинец, сурьма, висмут, цинк, кадмий, олово, галлий, скандий, церий, лантан, литий, стронций, барий, технеций, мышьяк.

Магнетит исследовался по II пробам, отобраным и выделенным из различных подгоризонтов четвертого железистого горизонта и четвертого сланцевого горизонта (см. табл.7).

Для этих магнетитов в ИГФМ АН УССР проведен полуколичественный спектральный анализ, который показал, что постоянно фиксируются марганец, никель, титан, германий; очень редко медь, иттрий, иттербий; отсутствуют ванадий, хром, цирконий, бериллий и др.

Марганец фиксируется в больших количествах, чем другие элементы. Его содержание в среднем составляет около 0,01% (минимум 0,006%).

Содержание никеля, титана и германия во всех пробах стабильное — более 0,001%.

Для никеля и германия такие содержания лежат на границе кларково-го и чуть выше. Это требует специального подхода к их дополнительному, более тщательному определению по большему числу проб при дальнейших геохимических поисках.

Иттрий и иттербий по содержанию (соответственно ~0,001 и ~0,0001%) находятся чуть выше кларковой границы и требуют также дополнительного исследования.

Мартит исследовался по девяти пробам, отобраным и выделенным из основных подгоризонтов четвертого, пятого и шестого железистых горизонтов и четвертого, пятого сланцевых горизонтов средней свиты месторождения.

Полуколичественный спектральный анализ мартитов показал, что в них постоянно фиксируются марганец, никель, титан, германий, редко — хром, медь, бериллий. Другие элементы отсутствуют.

Содержание марганца в мартитах наибольшее (около 0,01%).

В мартите пятого сланцевого горизонта, в отличие от других горизонтов, хрома содержится 0,003%, а медь отмечена только в четвертом сланцевом горизонте и подгоризонте  $K_2^{4ж-6}$  (концентрация <0,0001%). Бериллий определен только в мартите четвертого сланцевого горизонта.

Гематит исследовался по трем пробам, отобраным и выделенным из четвертого, пятого и шестого железистых горизонтов, где он представлен мелкопластинчатыми и крупнопластинчатыми ( $K_2^{6ж}$ ) морфологическими разновидностями.

Для магнетита и мартита так же, как и для гематита, характерно постоянное наличие таких элементов как марганец, титан и германий. Никель обнаружен только в шестом железистом горизонте.

Гидроокислы железа (гетит) исследовались по пяти пробам, отобран-

ным и выделенным из различных стратиграфических подгоризонтов и зон тектонических нарушений.

Для них характерен более широкий набор элементов-примесей.

Кроме марганца, титана, никеля, германия с теми же концентрациями содержаний, что и в магнетите, мартите, гематите, в гетите еще содержится повсеместно бериллий (0,0001%), в большей части проб медь (0,0001 - 0,003%), в отдельных пробах ванадий (0,001%), хром (0,003-0,006%), цирконий (0,003-0,006%).

Наибольший интерес представляет проба I32I из зоны разлома на контакте пород пятого сланцевого и четвертого железистого горизонтов, в которой золота содержится от 0,003 до 0,01 г/т.

Эта проба характеризуется повышенным содержанием меди - до 0,01%.

Карбонаты и хлорит исследовались по четырем пробам (первый - по трем фракциям), отобраным и выделенным из пород и зон тектонических нарушений.

Наиболее характерный диапазон элементов-примесей представлен марганцем, никелем, титаном, медью. Их отличают значительные содержания марганца (0,6-0,2%). Содержание никеля и титана в карбонатах и хлоритах такое же, как и в магнетите, мартите, гематите, гидроокислах железа.

Для карбоната из отвальных хвостов обогатительной фабрики и хлорита характерно присутствие ванадия (< 0,001%), для карбонатной брекчии и хлорита - германия (0,001%).

Бериллий характерен для карбонатов отвальных хвостов обогатительной фабрики и хлорита (< 0,0001%).

Из-за большой трудоемкости и сложности выделения мономинеральных фракций не удалось исследовать хлорит всех подгоризонтов, биотит, куммингтонит, пирит, пирротин, полевые шпаты.

Распространение элементов-примесей (по частотам встречаемости, %) в подгоризонтах железистых горизонтов и в толщах сланцевых пород

Приведенные выше средние значения содержания элементов-примесей для различных минералогических типов руд подгоризонтов железистых горизонтов (неокисленных, частичноокисленных и окисленных) и пород сланцевых горизонтов не отражают полной характеристики распределения концентраций.

Для полной характеристики распределение концентраций в тех же стратиграфических подразделениях по каждому из элементов находили их частоты встречаемости [14,15].

Результаты обработки по типам руд и пород (декады Вернадского) приведены в табл. I2-43. В тех же таблицах для удобства оценки концентраций жирной линией показана граница по кларку содержания каждого из элементов.

Таблица 12

Результаты обработки по типам  
неокисленных пород четвертого  
сланцевого горизонта К<sub>2</sub>4с

Элемент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов-примесей, %					
	I,0-0,1	0,1-0,01	0,010-0,001	0,0010-0,0001	Следы	Не устан. Новл.
Be	-	-	-	79,0	-	21,0
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	68,2	-	36,8
Mn	-	89,5	10,5	-	-	-
Ga	-	-	58,0	-	-	47,0
Ge	-	-	15,8	-	-	84,2
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	79,0	21,0	-	-
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	26,8	-	-	73,7
Cu	-	-	-	89,5	10,5	-
Ti	15,8	68,4	15,8	-	-	-
Co	-	-	-	5,2	-	94,8
Ni	-	5,2	37,0	52,6	-	5,2
Zn	-	-	-	-	-	100,0
Zr	-	-	79,0	15,8	-	5,2
Cr	-	15,8	84,2	-	-	-
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	26,8	-	-	-	73,7
Y	-	5,2	26,8	-	-	68,5
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Таблица 18

Результаты обработки по типам  
магнетит-силикат-карбонатных  
роговиков подгоризонта К<sub>2</sub>ж-1

Элемент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов-примесей, %					
	I,0-0,1	0,1-0,01	0,010-0,001	0,0010-0,0001	Следы	Не устан. Новл.
Be	-	-	-	62,5	-	37,5
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	12,5	75,0	-	-	-	12,5
Ga	-	-	12,5	-	-	87,5
Ge	-	-	62,5	12,5	-	25,0
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	25,0	50,0	-	25,0
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	100,0
Cu	-	-	12,5	87,5	-	-
Ti	-	12,5	75,0	-	-	12,5
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	37,5	50,0	-	12,5
Zn	-	-	12,5	-	-	87,5
Zr	-	-	50,0	-	-	50,0
Cr	-	-	75,0	-	-	25,0
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Y	-	-	-	-	-	100,0
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Таблица I4

Результаты обработки по типам  
силикат-карбонат-магнетитовых  
роговиков подгоризонта К<sub>2</sub><sup>4ж-2</sup>

Эле- мент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элемен- тов-примесей, %					
	I,0- 0,1-	0,1- 0,01	0,010- 0,001	0,0010- 0,0001	Сле- ды	Не уста- новл.
<i>Be</i>	-	-	-	30,4	-	69,6
<i>As</i>	-	-	-	-	-	100,0
<i>Sc</i>	-	-	-	-	-	100,0
<i>Mn</i>	-	65,2	4,3	-	-	30,5
<i>Ba</i>	-	-	-	-	-	100,0
<i>Ge</i>	-	-	30,5	39,1	-	30,4
<i>Mo</i>	-	-	-	-	-	100,0
<i>V</i>	-	-	8,7	26,1	-	65,2
<i>Li</i>	-	-	-	-	-	-
<i>La</i>	-	-	8,7	-	-	91,3
<i>Cu</i>	-	-	-	82,5	4,3	13,2
<i>Ti</i>	-	4,3	65,2	-	-	30,5
<i>Co</i>	-	-	-	-	-	100,0
<i>Ni</i>	-	-	30,5	30,4	25,9	13,2
<i>Zn</i>	-	-	30,4	-	-	69,6
<i>Zr</i>	-	-	30,4	-	-	69,6
<i>Cr</i>	-	8,7	43,5	-	8,7	39,1
<i>Sr</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Ba</i>	-	-	-	-	-	100,0
<i>Y</i>	-	-	-	-	-	100,0
<i>Yb</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Ta</i>	-	-	-	-	-	-

Таблица I5

Результаты обработки по типам  
серополосчатых магнетитовых  
роговиков подгоризонта К<sub>2</sub><sup>4ж-8</sup>

Эле- мент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов- примесей, %					
	I,0- 0,1	0,1- 0,01	0,010- 0,001	0,0010- 0,0001	Сле- ды	Не уста- новл.
<i>Be</i>	-	-	-	47,6	-	52,4
<i>As</i>	-	-	-	-	-	100,0
<i>Sc</i>	-	-	-	-	-	100,0
<i>Mn</i>	4,8	64,8	6,0	-	-	24,4
<i>Ba</i>	-	-	3,6	-	1,2	95,2
<i>Ge</i>	-	-	25,6	23,2	1,2	50,0
<i>Mo</i>	-	-	-	-	-	100,0
<i>V</i>	-	-	3,6	30,2	-	62,2
<i>Li</i>	-	-	-	-	-	-
<i>La</i>	-	-	3,6	-	-	96,4
<i>Cu</i>	-	-	24,4	24,5	48,8	2,4
<i>Ti</i>	-	-	29,2	40,2	8,5	22,3
<i>Co</i>	-	-	-	-	-	100,0
<i>Ni</i>	-	-	18,4	32,9	8,5	40,2
<i>Zn</i>	-	-	39,2	-	-	60,8
<i>Zr</i>	-	-	42,6	-	-	57,4
<i>Cr</i>	-	12,2	51,8	2,4	2,4	31,7
<i>Sr</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Ba</i>	-	2,4	-	-	-	97,6
<i>Y</i>	-	-	2,4	-	-	97,6
<i>Yb</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Ta</i>	-	-	-	-	-	-

Таблица 16

Результаты обработки по типам  
гематит-магнетитовых роговиков  
подгоризонта К<sub>2</sub><sup>4ж-4</sup>

Элемент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов-примесей, %					
	I,0-0,1	0,1-0,01	0,010-0,001	0,0010-0,0001	Следы	Не установлен.
Be	-	-	-	-	28,8	71,7
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	-	48,3	10,0	-	-	41,7
Ga	-	-	-	-	-	100,0
Ge	-	-	1,7	78,8	-	20,0
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	1,7	3,3	18,8	76,7
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	1,7	3,4	-	94,9
Cu	-	-	3,4	55,0	31,6	10,0
Ti	-	1,7	15,0	9,1	25,0	49,2
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	1,7	25,0	25,0	48,8
Zn	-	-	35,0	15,0	-	50,0
Zr	-	-	1,7	6,8	-	91,5
Cr	-	10,0	25,0	5,0	-	60,0
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Y	-	-	-	-	-	100,0
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Таблица 17

Результаты обработки по типам  
краснополосчатых магнетитовых  
роговиков подгоризонта К<sub>2</sub><sup>4ж-5</sup>

Элемент	Порядок концентрации элементов						
	Частота встречаемости элементов-примесей, %						
	I,0-0,1	0,1-0,01	0,010-0,001	0,0010-0,0001	Следы	Не установлен.	
Be	-	-	-	5,2	7,6	87,2	
As	-	-	-	-	-	100,0	
Sc	-	-	-	-	-	100,0	
Mn	-	38,5	2,6	-	-	58,9	
Ga	-	-	2,6	13,8	2,6	81,0	
Ge	-	-	-	67,0	-	33,0	
Mo	-	-	-	-	-	100,0	
V	-	-	2,6	-	13,8	-	88,6
Li	-	-	-	-	-	-	
La	-	-	-	-	-	100,0	
Cu	-	-	5,2	87,0	5,2	2,6	
Ti	-	2,6	-	40,2	-	-	57,2
Co	-	-	-	-	-	100,0	
Ni	-	-	28,2	40,2	15,8	15,8	
Zn	-	-	31,6	-	-	68,4	
Zr	-	-	17,9	-	-	82,1	
Cr	-	17,9	17,9	2,6	-	61,6	
Sr	-	-	-	-	-	-	
Ba	-	-	-	-	-	100,0	
Y	-	-	-	-	-	100,0	
Yb	-	-	-	-	-	-	
Ta	-	-	-	-	-	-	

Таблица 18

Результаты обработки по типам  
силикат-карбонат-магнетитовых  
роговиков подгоризонта К<sub>2</sub><sup>4ж-6</sup>

Элемент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов-примесей, %					
	I,0-0,1	0,1-0,01	0,010-0,001	0,0010-0,0001	Следы	Не установлен.
Be	-	-	-	-	24,6	75,5
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	-	66,7	2,2	-	-	31,1
Ca	-	-	-	-	-	100,0
Ge	-	-	2,2	60,0	-	37,8
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	8,8	29,0	2,2	60,0
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	100,0
Cu	-	-	-	44,4	44,4	11,2
Ti	-	-	57,8	11,1	-	31,1
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	-	70,1	11,1	8,8
Zn	-	-	-	-	-	100,0
Zr	-	-	4,4	22,2	-	78,4
Cr	-	11,2	40,1	8,8	8,8	31,1
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Y	-	-	-	4,4	-	95,6
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Таблица 19

Результаты обработки по типам  
магнетит-силикат-карбонатных  
роговиков подгоризонта К<sub>2</sub><sup>4ж-7</sup>

Элемент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов-примесей, %					
	I,0-0,1	0,1-0,01	0,010-0,001	0,0010-0,0001	Следы	Не установлен.
Be	-	-	-	-	41,1	52,9
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	3,0	-	97,0
Mn	2,9	79,5	-	-	-	17,6
Ca	-	-	2,9	5,8	-	91,8
Ge	-	-	-	52,9	-	41,1
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	29,4	35,8	-	35,8
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	8,0	-	-	97,0
Cu	-	-	-	67,6	26,6	5,8
Ti	-	11,6	70,8	-	-	17,6
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	50,1	44,1	-	5,8
Zn	-	-	-	14,7	-	85,8
Zr	-	-	38,2	-	-	61,8
Cr	-	14,7	50,1	-	5,8	29,4
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Y	-	-	-	-	-	100,0
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Таблица 20

Результаты обработки по типам неокисленных сланцевых пород пятого сланцевого горизонта К<sub>2</sub><sup>5с</sup>

Элемент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов-примесей, %					
	1,0-0,1	0,1-0,01	0,010-0,001	0,0010-0,0001	Следы	Не установлен.
Be	-	-	-	-	56,5	48,5
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	1,1	25,0	-	78,9
Mn	9,8	78,2	2,2	-	-	9,8
Ga	-	-	1,1	7,6	-	91,8
Ge	-	-	3,8	38,7	-	68,0
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	45,6	28,8	-	26,1
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	2,2	-	-	97,8
Cu	-	-	7,6	66,8	16,8	9,8
Tl	2,2	41,8	47,6	-	-	9,8
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	55,4	34,8	-	9,8
Zn	-	-	4,4	-	-	95,6
Zr	-	-	41,8	8,8	-	49,9
Cr	-	19,6	55,4	2,2	2,2	20,6
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Y	-	-	4,4	-	-	95,6
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Таблица 21

Результаты обработки по типам частично окисленных мартито-магнетитовых роговиков подгоризонта К<sub>2</sub><sup>4ж-8</sup>

Элемент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов-примесей, %					
	1,0-0,1	0,1-0,01	0,010-0,001	0,0010-0,0001	Следы	Не установлен.
Be	-	-	-	-	-	100,0
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	-	66,7	33,3	-	-	-
Ga	-	-	-	-	-	100,0
Ge	-	-	-	-	-	100,0
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	-	-	-	100,0
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	100,0
Cu	-	-	-	-	66,7	33,8
Tl	-	-	-	-	66,7	33,8
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	-	-	88,8	66,7
Zn	-	-	-	-	-	100,0
Zr	-	-	-	-	-	100,0
Cr	-	-	33,3	-	-	66,7
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Y	-	-	-	-	-	100,0
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Участки зон маршалитизации.

Таблица 22

Результаты обработки по типам  
частично окисленных гематито-  
мартито-магнетитовых роговиков  
подгоризонта К<sub>2</sub><sup>4ж-4</sup>

Эле- мент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов- примесей, %					
	I,0- 0,1	0,1- 0,01	0,010- 0,001	0,0010- 0,0001	Сле- ды	Не уста- новл.
Be	-	-	-	14,2	42,9	42,9
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	-	42,9	14,2	-	-	42,9
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Be	-	-	-	57,1	-	42,9
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	-	-	28,6	71,4
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	100,0
Cu	-	-	14,2	28,6	28,6	28,6
Ti	-	-	28,5	28,5	-	42,9
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	28,6	28,6	28,6	14,2
Zn	-	-	28,6	-	-	71,4
Zr	-	-	-	14,2	-	85,8
Cr	-	-	28,6	14,2	-	57,1
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Y	-	-	-	-	-	100,0
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Таблица 23

Результаты обработки по типам  
частично окисленных мартито-  
магнетитовых роговиков  
подгоризонта К<sub>2</sub><sup>4ж-5</sup>

Эле- мент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов- примесей, %					
	I,0- 0,1	0,1- 0,01	0,010- 0,001	0,0010- 0,0001	Сле- ды	Не уста- новл.
Be	-	-	-	-	-	100,0
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	-	66,7	-	-	-	83,8
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Be	-	-	-	-	-	100,0
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	-	83,8	-	66,7
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	100,0
Cu	-	-	-	66,7	83,8	-
Ti	-	-	66,7	-	-	83,8
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	-	66,7	-	83,8
Zn	-	-	-	83,8	-	66,7
Zr	-	-	-	-	-	100,0
Cr	-	33,4	33,3	-	-	83,8
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Y	-	-	-	-	-	100,0
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Участки зон маршализации.

Таблица 24

Результаты обработки по типам окисленных гетито-мартитовых роговиков подгоризонта К<sub>2</sub><sup>4ж-2</sup>

Элемент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов-примесей, %					
	I,0-0,1	0,1-0,01	0,010-0,001	0,0010-0,0001	Следы	Не установлен.
Be	-	-	-	-	50,0	50,0
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	-	16,6	50,0	33,4	-	-
Ga	-	-	-	-	-	100,0
Ge	-	-	-	33,4	-	66,6
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	-	-	66,6	33,4
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	100,0
Cu	-	-	-	16,6	83,4	-
Tl	-	-	33,4	66,6	-	-
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	-	50,0	16,6	33,4
Zn	-	-	-	50,0	-	100,0
Zr	-	-	-	-	-	33,4
Cr	-	33,4	50,0	16,6	-	-
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	16,6	-	83,4
Y	-	-	-	-	-	100,0
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Таблица 25

Результаты обработки по типам окисленных мартитовых лимонитизированных роговиков подгоризонта К<sub>2</sub><sup>4ж-8</sup>

Элемент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов-примесей, %					
	I,0-0,1	0,1-0,01	0,010-0,001	0,0010-0,0001	Следы	Не установлен.
Be	-	-	-	14,4	14,2	71,4
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	-	-	-	-	-	100,0
Ga	-	-	-	-	-	100,0
Ge	-	-	-	71,4	-	28,6
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	14,2	-	-	85,8
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	100,0
Cu	-	-	-	42,9	42,9	14,2
Tl	-	-	14,2	57,1	-	28,6
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	14,2	28,6	-	57,1
Zn	-	-	-	-	-	100,0
Zr	-	-	-	14,2	-	85,8
Cr	-	28,6	28,6	-	-	42,9
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Y	-	-	-	-	-	100,0
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Участки зон маршалитизации.

Таблица 26

Результаты обработки по типам окисленных гематитов-марититовых роговиков подгоризонта К<sub>2</sub><sup>4ж-4</sup>

Элемент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов-примесей, %					
	I, 0-0, I	0, I-0, 0I	0, 010-0, 001	0, 0010-0, 0001	Следы	Не установлен.
Be	-	-	-	-	25,0	75,0
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	-	75,0	25,0	-	-	-
Ca	-	-	-	-	-	100,0
Fe	-	-	25,0	50,0	-	25,0
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	-	-	-	100,0
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	100,0
Cu	-	-	-	75,0	25,0	-
Ti	-	-	25,0	75,0	-	-
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	25,0	50,0	-	25,0
Zn	-	-	-	-	-	100,0
Zr	-	-	-	25,0	-	75,0
Cr	-	25,0	-	-	-	75,0
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Y	-	-	-	-	-	100,0
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Таблица 27

Результаты обработки по типам окисленных марититовых лимонитизированных роговиков подгоризонта К<sub>2</sub><sup>4ж-5</sup>

Элемент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов-примесей, %					
	I, 0-0, I	0, I-0, 0I	0, 010-0, 001	0, 0010-0, 0001	Следы	Не установлен.
Be	-	-	-	-	20,0	80,0
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	-	80,0	20,0	-	-	-
Ca	-	-	-	-	-	100,0
Fe	-	-	20,0	60,0	-	20,0
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	-	-	20,0	80,0
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	100,0
Cu	-	-	-	60,0	20,0	20,0
Ti	-	-	20,0	80,0	-	-
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	-	80,0	-	20,0
Zn	-	-	-	-	-	100,0
Zr	-	-	-	20,0	-	80,0
Cr	-	-	80,0	-	-	20,0
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Y	-	-	-	-	-	100,0
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Участки зон маршалитизации.

Таблица 28

Результаты обработки по типам окисленных гетито-мартитовых роговиков подгоризонта К<sub>2</sub>4ж-6

Элемент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов-примесей, %					
	I, 0-0, I	0, I-0, 0I	0, 010-0, 001	0, 0010-0, 0001	Следы	Не установлен.
Be	-	-	-	-	-	100,0
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	-	100,0	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Ge	-	-	-	-	-	100,0
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	-	100,0	-	-
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	100,0
Si	-	-	-	-	100,0	-
Ti	-	-	100,0	-	-	-
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	-	100,0	-	-
Zn	-	-	-	-	-	100,0
Zr	-	-	-	100,0	-	-
Cr	-	-	-	-	-	100,0
Sr	-	-	-	-	-	-
Va	-	-	-	-	100,0	-
Y	-	-	-	-	-	100,0
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Участки зон маршализации.

Таблица 29

Результаты обработки по типам частично окисленных гетито-мартитовых роговиков подгоризонта К<sub>2</sub>4ж-2

Элемент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов-примесей, %					
	I, 0-0, I	0, I-0, 0I	0, 010-0, 001	0, 0010-0, 0001	Следы	Не установлен.
Be	-	-	-	25,0	50,0	25,0
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	-	25,0	75,0	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Ge	-	-	-	25,0	-	75,0
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	-	25,0	50,0	25,0
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	100,0
Si	-	-	-	25,0	50,0	25,0
Ti	-	25,0	25,0	50,0	-	-
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	-	100,0	-	-
Zn	-	-	-	-	-	100,0
Zr	-	-	-	75,0	-	25,0
Cr	-	25,0	50,0	25,0	-	-
Sr	-	-	-	-	-	-
Va	-	-	-	-	-	100,0
Y	-	-	-	-	-	100,0
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Участки приповерхностного окисления (латеритообразование).

Таблица 30

Результаты обработки по типам окисленных гематито-маргитовых роговиков подгоризонта К<sub>2</sub><sup>4ж-6</sup>

Элемент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов-примесей, %					
	I, 0-0,1	0,1-0,01	0,010-0,001	0,0010-0,0001	Следы	Не устан.-новл.
Be	-	-	-	-	100,0	-
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	-	-	100,0	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Ge	-	-	-	-	-	100,0
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	-	-	-	100,0
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	100,0
Cu	-	-	-	100,0	-	-
Tl	-	-	100,0	-	-	-
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	-	-	-	100,0
Zn	-	-	-	-	-	100,0
Zr	-	-	-	-	-	100,0
Cr	-	-	100,0	-	-	-
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Y	-	-	-	-	-	100,0
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Таблица 31

Результаты обработки по типам окисленных маргитовых роговиков подгоризонта К<sub>2</sub><sup>4ж-3</sup>

Элемент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов-примесей, %					
	I, 0-0,1	0,1-0,01	0,010-0,001	0,0010-0,0001	Следы	Не устан.-новл.
Be	-	-	-	100,0	-	-
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	-	-	100,0	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Ge	-	-	-	-	-	100,0
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	-	100,0	-	-
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	100,0
Cu	-	-	-	-	-	100,0
Tl	-	-	-	100,0	-	-
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	-	-	-	-
Zn	-	-	-	-	-	100,0
Zr	-	-	-	-	-	100,0
Cr	-	-	100,0	-	-	-
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Y	-	-	-	-	-	100,0
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Участки приповерхностного окисления (латеритообразование).

Таблица 32

Результаты обработки по типам окисленных маргитовых роговиков подгоризонта К<sub>2</sub><sup>4ж-5</sup>

Элемент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов примесей, %					
	I, 0-0, I	0, I-0, 0I	0, 010-0, 001	0, 0010-0, 0001	Следы	Не установлен.
Be	-	-	-	-	100,0	-
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	-	-	100,0	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Be	-	-	-	-	-	100,0
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	-	-	-	100,0
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	100,0
Cu	-	-	-	-	100,0	-
Ti	-	-	-	100,0	-	-
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	-	-	-	100,0
Zn	-	-	-	-	-	100,0
Zr	-	-	-	-	-	100,0
Cr	-	-	100,0	-	-	-
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Y	-	-	-	-	-	100,0
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Таблица 33

Результаты обработки по типам окисленных гетито-маргитовых роговиков подгоризонта К<sub>2</sub><sup>4ж-6</sup>

Элемент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов примесей, %					
	I, 0-0, I	0, I-0, 0I	0, 010-0, 001	0, 0010-0, 0001	Следы	Не установлен.
Be	-	-	-	-	-	100,0
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	-	-	-	-	-	100,0
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Be	-	-	-	-	-	100,0
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	-	-	50,0	50,0
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	100,0
Cu	-	-	-	-	-	100,0
Ti	-	-	-	-	-	100,0
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	-	50,0	-	50,0
Zn	-	-	-	-	-	100,0
Zr	-	-	-	50,0	-	50,0
Cr	-	-	-	-	-	100,0
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Y	-	-	-	-	-	100,0
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Участки приповерхностного окисления (латеритообразование).

Таблица 34

Результаты обработки по типам  
неокисленных магнетит-силикат-  
карбонатных роговиков  
подгоризонта К<sub>2</sub><sup>5ж-1</sup>

Эле- мент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов- примесей, %					
	I,0- 0,1	0,1- 0,01	0,010- 0,001	0,0010- 0,0001	Сле- ды	Не уста- новл.
Be	-	-	-	-	66,6	33,4
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	-	66,6	33,4	-	-	-
Ga	-	-	-	-	-	100,0
Ge	-	-	-	-	66,6	33,4
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	-	66,6	33,4	-
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	100,0
Cu	-	-	-	66,6	33,4	-
Tl	-	-	66,6	33,4	-	-
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	33,4	66,6	-	-
Zn	-	-	-	-	-	100,0
Zr	-	-	-	33,4	-	66,6
Cr	-	-	66,6	-	-	33,4
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Y	-	-	-	-	-	100,0
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Таблица 35

Результаты обработки по типам  
окисленных гетито-мартитовых  
роговиков подгоризонта  
К<sub>2</sub><sup>5ж-1</sup>

Эле- мент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов- примесей, %					
	I,0- 0,1	0,1- 0,01	0,010- 0,001	0,0010- 0,0001	Сле- ды	Не уста- новл.
Be	-	-	-	-	-	100,0
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	-	-	100,0	-	-	-
Ga	-	-	-	-	-	100,0
Ge	-	-	-	100,0	-	-
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	-	-	-	100,0
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	100,0
Cu	-	-	-	100,0	-	-
Tl	-	-	100,0	-	-	-
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	-	100,0	-	-
Zn	-	-	-	-	-	100,0
Zr	-	-	-	-	-	100,0
Cr	-	-	-	-	-	100,0
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Y	-	-	-	-	-	100,0
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Участок - зона цементации.

Таблица 36

Результаты обработки по типам окисленных гематито-мартитовых роговиков подгоризонта К<sub>2</sub><sup>5ж-2</sup>

Элемент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов-примесей, %					
	I, 0-0, I	0, I-0, 0I	0, 010-0, 001	0, 0010-0, 0001	Следы	Не установлен.
Be	-	-	-	-	50,0	50,0
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	-	50,0	50,0	-	-	-
Ga	-	-	-	-	-	100,0
Ge	-	-	-	100,0	-	-
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	-	50,0	-	50,0
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	100,0
Cu	-	-	-	50,0	50,0	-
Ti	-	-	50,0	50,0	-	-
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	50,0	50,0	-	-
Zn	-	-	-	-	-	100,0
Zr	-	-	50,0	-	-	50,0
Cr	-	-	100,0	-	-	-
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Y	-	-	-	-	-	100,0
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Таблица 37

Результаты обработки по типам окисленных гематито-мартитовых роговиков подгоризонта К<sub>2</sub><sup>5ж-4</sup>

Элемент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов-примесей, %					
	I, 0-0, I	0, I-0, 0I	0, 010-0, 001	0, 0010-0, 0001	Следы	Не установлен.
Be	-	-	-	12,6	31,2	56,2
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	6,2	43,8	25,0	25,0	-	-
Ga	-	-	-	-	12,6	87,4
Ge	-	-	-	25,0	-	75,0
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	-	43,8	18,7	37,5
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	100,0
Cu	-	-	-	31,2	50,0	18,7
Ti	-	6,2	31,2	50,0	-	12,6
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	12,6	37,5	-	50,0
Zn	-	-	-	-	-	100,0
Zr	-	-	-	-	31,2	68,8
Cr	-	-	6,3	56,2	-	37,5
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	12,6	-	-	87,4
Y	-	-	-	43,8	-	56,2
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Участки зон маршализации.

Таблица 38

Результаты обработки по типам окисленных маргитовых роговиков подгоризонта К<sub>2</sub><sup>5ж-5</sup>

Элемент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов-примесей, %					
	I, 0-0, I	0, I-0, 0I	0, 0I0-0, 00I	0, 00I0-0, 000I	Следы	Не установлен.
Be	-	-	-	-	100,0	-
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	-	-	-	100,0	-	-
Ga	-	-	-	-	-	100,0
Ge	-	-	-	-	-	100,0
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	-	-	-	100,0
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	100,0
Cu	-	-	-	-	100,0	-
Tl	-	-	-	100,0	-	-
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	-	-	-	100,0
Zn	-	-	-	-	-	100,0
Zr	-	-	-	-	-	-
Cr	-	-	-	100,0	-	-
Sr	-	-	-	-	-	100,0
Ba	-	-	-	-	-	-
Y	-	-	-	-	-	100,0
Yb	-	-	-	-	-	100,0
Ta	-	-	-	-	-	-

Таблица 39

Результаты обработки по типам окисленных малорудных гетитизированных кварцитов шестого сланцевого горизонта К<sub>2</sub><sup>6с</sup>

Элемент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов-примесей, %					
	I, 0-0, I	0, I-0, 0I	0, 0I0-0, 00I	0, 00I0-0, 000I	Следы	Не установлен.
Be	-	-	-	25,0	-	75,0
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	-	50,0	50,0	-	-	-
Ga	-	-	-	-	-	100,0
Ge	-	-	-	75,0	-	25,0
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	75,0	-	-	25,0
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	100,0
Cu	-	-	-	75,0	25,0	-
Tl	-	50,0	50,0	-	-	-
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	50,0	50,0	-	-
Zn	-	-	-	-	-	100,0
Zr	-	-	-	-	-	50,0
Cr	-	-	-	-	-	25,0
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Y	-	-	-	25,0	-	75,0
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Участки зон маршалитизации.

Таблица 40

Результаты обработки по типам окисленных гетито-мартитовых роговиков подгоризонта К<sub>2</sub>6ж-1

Элемент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов-примесей, %					
	I,0-0,1	0,1-0,01	0,010-0,001	0,0010-0,0001	Следы	Не установлен.
Be	-	-	-	-	-	100,0
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	-	66,7	33,3	-	-	-
Ca	-	-	-	-	-	100,0
Fe	-	-	-	100,0	-	-
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	33,3	66,7	-	-
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	100,0
Si	-	-	-	-	100,0	-
Ti	-	-	66,7	33,3	-	-
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	33,7	66,7	-	-
Zn	-	-	-	-	-	100,0
Zr	-	-	-	-	-	100,0
Cr	-	33,4	33,8	-	-	33,8
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Y	-	-	-	-	-	100,0
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Таблица 41

Результаты обработки по типам окисленных мартитовых роговиков подгоризонта К<sub>2</sub>6ж-2

Элемент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов-примесей, %					
	I,0-0,1	0,1-0,01	0,010-0,001	0,0010-0,0001	Следы	Не установлен.
Be	-	-	-	-	50,0	50,0
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	-	-	100,0	-	-	-
Ca	-	-	-	-	-	100,0
Fe	-	-	-	-	-	100,0
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	-	-	50,0	50,0
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	100,0
Si	-	-	-	50,0	50,0	-
Ti	-	-	-	50,0	-	50,0
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	-	100,0	-	-
Zn	-	-	-	-	-	100,0
Zr	-	-	-	50,0	-	50,0
Cr	-	-	50,0	-	-	50,0
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Y	-	-	-	-	-	100,0
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Участки зон маршализации.

Таблица 42

Результаты обработки по типам окисленных мартито-железослюдковых роговиков подгоризонта К<sub>2</sub><sup>6ж-3</sup>

Элемент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов-примесей, %					
	I,0-0,1	0,1-0,01	0,010-0,001	0,0010-0,0001	Следы	Не установлен.
Be	-	-	-	-	-	100,0
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	-	14,2	85,2	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Ge	-	-	-	100,0	-	-
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	-	-	-	-
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	100,0
Cu	-	14,2	-	28,6	14,2	42,9
Tl	-	-	85,8	-	-	14,2
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	-	100,0	-	-
Zn	-	-	-	-	-	100,0
Zr	-	-	-	-	-	100,0
Cr	-	-	42,9	-	-	57,1
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Y	-	-	-	-	-	100,0
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Таблица 43

Результаты обработки по типам окисленных мартитовых роговиков подгоризонта К<sub>2</sub><sup>6ж-4</sup>

Элемент	Порядок концентрации элементов					
	Частота встречаемости элементов-примесей, %					
	I,0-0,1	0,1-0,01	0,010-0,001	0,0010-0,0001	Следы	Не установлен.
Be	-	-	-	-	-	100,0
As	-	-	-	-	-	100,0
Sc	-	-	-	-	-	100,0
Mn	-	-	66,7	33,3	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Ge	-	-	-	100,0	-	-
Mo	-	-	-	-	-	100,0
V	-	-	-	66,7	-	33,3
Li	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	100,0
Cu	-	-	-	66,7	-	33,3
Tl	-	-	100,0	-	-	-
Co	-	-	-	-	-	100,0
Ni	-	-	-	100,0	-	-
Zn	-	-	-	-	-	100,0
Zr	-	-	-	-	-	100,0
Cr	-	33,3	-	-	-	66,7
Sr	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	100,0
Y	-	-	-	-	-	100,0
Yb	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-

Участки зон маршалитизации.

Таким образом, под частотой встречаемости понимается количество проб, в процентах, от общего их числа по данному подгоризонту, горизонту, зафиксировавших данный порядок концентрации элемента.

Анализ распределения частот по указанным выше декадам позволяет судить о максимумах и минимумах концентраций в их пределах и наметить перспективные для детальной оценки и поисков участки месторождения. Как видно из табл. 12-43, содержание большинства элементов ниже кларкового или на его уровне, в отдельных случаях - выше кларкового.

Рассмотрим распределение концентраций таких важных элементов, как скандий, галлий, германий, лантан, иттрий.

Скандий обнаружен только в неокисленной части месторождения в сланцевых породах четвертого и пятого сланцевых горизонтов ( $K_2^{4c}$  и  $K_2^{5c}$ ) и подгоризонте  $K_2^{4ж-7}$  магнетит-силикат-карбонатных роговиков - приконтактной пачки с  $K_2^{25c}$ .

Обращает внимание, что:

в  $K_2^{4c}$  63,2% скандия находится в пределах концентрации 0,001 - 0,0001% (кларковое содержание), а в других концентрациях он не обнаружен;

в  $K_2^{4ж-7}$  только 3% его находится в этом пределе;

в  $K_2^{5c}$  25% его содержится в этом пределе и 1,1% выше кларкового (0,001-0,01%) (табл. 12,19,20).

Галлий, как и скандий, обнаружен на участках месторождения, не подвергнутых гипергенным процессам окисления.

Характерно, что в  $K_2^{4c}$  53% галлия лежит на кларковом пределе (0,001-0,01%), а в других концентрациях он не установлен;

в  $K_2^{4ж-1}$  определено 12,5% анализов с указанным выше содержанием;

в  $K_2^{4ж-2}$  галлий отсутствует, а в  $K_2^{4ж-3}$  в тех же пределах содержания находится только 3,6% анализов; в 1,2% обнаружены его следы, а в остальных анализах он не обнаружен;

в  $K_2^{4ж-4}$  галлий также отсутствует, а в  $K_2^{4ж-5}$  2,6% анализов имеет концентрации 0,001-0,01%; 18,8% - 0,0001-0,001%; в 2,6% - обнаружены следы;

в  $K_2^{4ж-6}$  галлий отсутствует, а в  $K_2^{4ж-7}$  2,9% его анализов имеет концентрации 0,001-0,01% и в 5,8% - 0,0001-0,001%, в остальных пробах он не обнаружен;

в  $K_2^{5c}$  галлий обнаружен в 1,1% анализов с содержанием 0,001-0,01% и в 7,6% с 0,0001-0,001%.

Очевидна связь галлия с силикатными и, причем, определенного состава слюдами, входящими в состав пород и железистых роговиков (табл. 12-20), из которых видно, что наиболее перспективен для дальнейших поисков и исследований содержания галлия четвертый сланцевый горизонт, большая часть концентраций которого лежит на кларковом пределе.

Вероятность обогащения галлием несомненна, поскольку отбор проб в

сланцевых горизонтах производился без учета их подгоризонтов - в среднем по участкам.

Германий распределен во всех типах пород и железистых роговиков в концентрациях кларкового порядка и частью выше кларковых.

Так, в  $K_2^{4c}$  15,8% анализов лежит выше кларкового содержания - 0,001-0,01%, а в остальных случаях германий не обнаружен;

в минералогических разновидностях руд - подгоризонтах четвертого железистого горизонта (от  $K_2^{4c}$  кверху цикла) количественное значение германия возрастает: в  $K_2^{4ж-I}$  62,5% анализов лежит выше кларкового и только 12,5% на уровне кларкового содержания; в  $K_2^{4ж-2}$  30,5% анализов лежит выше кларкового и 39,1% на кларковом; в  $K_2^{4ж-3}$  25,6% анализов лежит выше кларкового и 23,2% на кларковом; в 1,2% анализов обнаружены следы;

в  $K_2^{4ж-4}$  1,7% анализов лежит в пределах выше кларкового содержания, а 78,3% - на уровне кларкового;

в  $K_2^{4ж-5}$  67% анализов связано только с кларковым содержанием и в виде других концентраций не обнаружено;

в  $K_2^{4ж-6}$  2,2% анализов выше кларка, а 60% на кларковом уровне

и в  $K_2^{4ж-7}$  52% только на кларковом уровне;

в  $K_2^{5c}$  3,3% анализов германия лежит выше кларкового содержания и 33,7% на кларковом уровне, в остальных же случаях он не установлен, а в  $K_2^{5ж-I}$  приконтактной пачке между  $K_2^{5c}$  и  $K_2^{5ж}$  почти в 66,6% анализов обнаружены следы германия;

в зонах окисления четвертого железистого горизонта германий в участках маршалитизации обнаруживается повсеместно и в основном на кларковом уровне (от 30 до 70% анализов), а в зоне окисления приповерхностного типа (латеритообразования) почти отсутствует;

в зоне окисления маршалитизированных подгоризонтов пятого железистого горизонта ( $K_2^{5ж}$ ) почти повсеместно он концентрируется (от 25 до 100% анализов) на кларковом уровне; почти на том же уровне (75%) он остается в шестом сланцевом горизонте ( $K_2^{6c}$ ) и почти во всех (100% анализов) подгоризонтах шестого железистого горизонта.

Повсеместное распространение германия (табл. 12-43) в неокисленных и окисленных рудах с колебаниями выше кларкового и на кларковом уровне требует проведения специальных работ по оценке его концентраций с применением точных методов определения.

Основная приуроченность германия - железистые подгоризонты четвертого, пятого и шестого железистых горизонтов.

Концентрации лантана обнаруживаются только на уровне кларкового содержания (1,7 - 26,3% анализов), в других количествах он не обнаружен.

Характерна приуроченность его распределения только к сланцевым ( $K_2^{4c}$  и  $K_2^{5c}$ ) горизонтам и к подгоризонтам четвертого железистого горизонта.

Лантан отсутствует в частичноокисленных роговиках ( $K_2^{4ж}$ ), окисленных роговиках четвертого, пятого, шестого железистых и пород шестого сланцевого горизонтов. В распределении концентраций лантана наблюдается определенная закономерность: в породах четвертого сланцевого горизонта содержание его максимально по всему участку месторождения (26,3% анализов в пределах 0,001–0,01%), затем в подгоризонтах четвертого железистого горизонта оно понижается:  $K_2^{4ж-2}$  — 8,7% анализов,  $K_2^{4ж-3}$  — 3,6% анализов,  $K_2^{4ж-4}$  — 1,7% анализов,  $K_2^{4ж-7}$  — 3,0% анализов на кларковом уровне (при отсутствии концентраций других содержаний), а в пятом сланцевом горизонте ( $K_2^{5с}$ ) снижается до 2,2% кларкового уровня содержания (табл. 12–20).

Иттрий, в отличие от лантана, не обнаруживает равномерности в концентрациях по содержанию. Колебания содержаний иттрия варьируют в широком диапазоне: выше кларкового содержания, на уровне кларкового и ниже этого уровня.

Характерно, что иттрий обнаружен только в неокисленных участках месторождения и отсутствует в гипергенных профилях.

В распределении содержаний иттрия наблюдается определенная закономерность: максимум его приходится на четвертый сланцевый горизонт — 5,2% анализов выше кларкового содержания и 26,3% на уровне кларкового, к железистому горизонту содержание его понижается до 2,4% кларкового уровня в  $K_2^{4ж-3}$  и 4,4% анализов ниже кларкового уровня в  $K_2^{4ж-6}$ . В измененных гипергенными процессами породах  $K_2^{6с}$ , как исключение из всего гипергенного профиля, иттрий фиксируется в пределах содержаний 0,0001–0,001 (25% анализов) — ниже кларкового уровня и обнаруживает полное отсутствие в виде других пределов содержаний (табл. 12–20).

#### Распределение серебра на участке

Оценка содержания серебра производилась по тем же пробам, которые анализировались на золото.

Из 104 проб серебро обнаружено в 43,2% проб.

Содержание серебра в пробах колеблется от 1 до 47 г/т, при среднем его содержании 3,3 г/т. Процентное распределение содержаний серебра по интервалам следующее: в 22,1% проб 1–2 г/т; 5,8% 2,01–3 г/т; 3,3% 3,01–4 г/т; 2,9% 4,01–5 г/т; 2,9% 5,01–6 г/т; 0,95% 6,01–7 г/т; 1,9% 14–16 г/т; 0,95% 18,01–19 г/т; 0,95% 22–23 г/т; 0,95% 46–47 г/т; в 56,8% серебро не обнаружено.

Литологически наивысшие концентрации серебра приурочены к сланцевым породам пятого сланцевого горизонта (15–47 г/т). В минералогических разновидностях роговиков неокисленной и окисленной части четвертого железистого и окисленных роговиках пятого–шестого железистых горизонтов концентрации серебра варьируют от 1 до 15 г/т и не обнаруживают четкой литологической приуроченности.

Зависимости между содержанием в железистых породах серебра и золота пока не обнаружено.

Общегеологическая оценка пространственного распределения серебра и золотосодержащих проб показала, что локализация этих элементов приурочена к тектоническим зонам и участкам маршалитизации, наиболее активно проработанных углекислыми растворами.

Ограниченное количество определений (104 пробы) не позволяет окончательно решить вопрос о форме концентраций серебра, которое, возможно, находится в связанной форме с сульфидами.

Вопросы парагенетических ассоциаций серебра с другими элементами требуют дальнейшей разработки.

#### Золотоносность участка месторождения

Золотометрическая оценка участка месторождения проводилась по густой сети опробования и представлена данными 419 проб пробирного анализа (табл.44).

Работы такого типа на месторождениях железистых кварцитов Кривбаса проводятся впервые и вопрос геохимии элементов-примесей и концентраций золота в этом плане решается с принципиально новых позиций массовости опробования на геолого-структурной основе.

Топоминералогическое опробование карьера для геохимической оценки месторождения позволило тщательнее детализировать изменчивость ряда свойств и взаимосвязать с ними определенные геохимические закономерности.

В основном концентрации золота распределены в подгоризонтах железистых пород четвертого железистого горизонта. Наибольшие концентрации золота (по данным пробирного анализа лаборатории ИГФМ АН УССР) приурочены к многочисленной сети тектонических нарушений - зоны надвига, трещины их оперения и т.д. и имеют с ними прямую связь (рис. 3 и 4).

Распределение концентраций золота на площади месторождения подчиняется определенной закономерности.

В замке синклинальной структуры замыкания - Западно-Ингулецкой синклинали - на месторождении фиксируется ряд крупных тектонических зон - Югоковского, Скелеватского, Западно-Тарапаковского и их "оперений".

Как видно из карты месторождения (рис.3), основные концентрации золота связаны с этими тектоническими нарушениями в восточной и западной части, в верхах и низах месторождения.

Для Скелеватского месторождения характерна повышенная карбонатизация, которая фиксируется во всех литологических типах железистых роговиков и является следствием интенсивных метасоматических процессов.

Интересно отметить, что ореолы карбонатизации совпадают с ореолами золотоносности.

Распределение содержания золота в железистых породах  
средней свиты Скелеватского магнетитового месторождения  
по данным пробирного анализа (г/т)

Стратиграфические горизонты и под- горизонты	Индекс	Частота встречаемости, %				
		1	2	3	4	5
K <sub>2</sub> <sup>4ж</sup>	K <sub>2</sub> <sup>4с</sup>	65,0	15,0	15,0	5,0	-
K <sub>2</sub> <sup>4ж</sup>	K <sub>2</sub> <sup>4ж-1</sup>	62,5	-	37,5	-	-
K <sub>2</sub> <sup>4ж</sup>	K <sub>2</sub> <sup>4ж-2</sup>	43,8	25,0	6,2	18,8	6,2
K <sub>2</sub> <sup>4ж</sup>	K <sub>2</sub> <sup>4ж-3</sup>	48,3	15,0	23,3	13,4	-
K <sub>2</sub> <sup>4ж</sup>	K <sub>2</sub> <sup>4ж-4</sup>	57,2	9,5	23,8	9,5	-
K <sub>2</sub> <sup>4ж</sup>	K <sub>2</sub> <sup>4ж-5</sup>	52,0	12,0	20,0	16,0	-
K <sub>2</sub> <sup>4ж</sup>	K <sub>2</sub> <sup>4ж-6</sup>	61,1	2,8	30,5	5,6	-
K <sub>2</sub> <sup>4ж</sup>	K <sub>2</sub> <sup>4ж-7</sup>	62,0	3,5	20,7	6,9	6,9
K <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> <sup>25с</sup>	77,6	17,2	1,7	3,5	-
Зоны надвига		85,7	14,3	-	-	-
Частично окисленные роговики зон марша- литизации	K <sub>2</sub> <sup>4ж-2</sup>	50,0	25,0	25,0	-	-
То же	K <sub>2</sub> <sup>4ж-3</sup>	100,0	-	-	-	-
"	K <sub>2</sub> <sup>4ж-4</sup>	66,6	16,7	16,7	-	-
"	K <sub>2</sub> <sup>4ж-5</sup>	66,7	-	33,3	-	-
Окисленные роговики зон маршалитизации	K <sub>2</sub> <sup>4ж-2</sup>	16,7	16,2	50,0	16,6	-
То же	K <sub>2</sub> <sup>4ж-3</sup>	33,3	22,2	44,5	-	-
"	K <sub>2</sub> <sup>4ж-4</sup>	42,8	28,6	28,6	-	-
"	K <sub>2</sub> <sup>4ж-6</sup>	100,0	-	-	-	-

Примечание: 1 - золото не обнаружено; 2 - следы; 3 - 0,005-0,03 г/т;  
4 - 0,031-0,10 г/т; 5 - 0,11-1,00 г/т.

В мономинеральных фракциях основных минералов железистых роговиков золото не обнаружено.

Исключение составляет проба гидроокислов железа I32I, где концентрация золота 0,003-0,01 г/т.

Эта проба интересна с точки зрения "специализации" золота в участках тектонических нарушений.

Гидроокислы железа пробы I32I взяты непосредственно из зоны надвига восточной части месторождения и представляют продукт замещения карбонатных маломощных тел, фиксирующихся в этих зонах в неокисленных частях разреза. Обычно эти карбонаты представляют собой смесь магнезиаль-

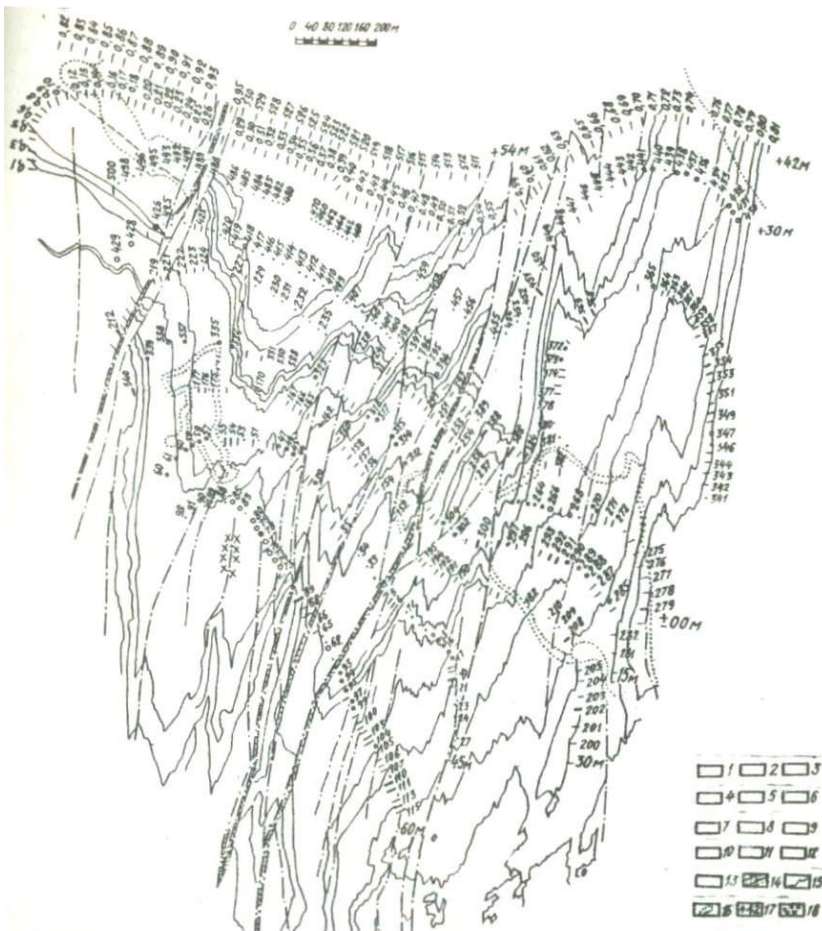


Рис. 3. Схематический план отбора проб для определения содержаний золота, серебра и элементов-примесей. Цифрами на карте условно обозначены номера проб золотометрического и геохимического опробования: 1 - железистые породы  $K_2^{4ж}$ ; 2 - железистые кварциты  $K_2^{4ж-1}$ ; 3 - железистые кварциты  $K_2^{4ж-2}$ ; 4 - железистые кварциты  $K_2^{4ж-3}$ ; 5 - железистые кварциты  $K_2^{4ж-4}$ ; 6 - железистые кварциты  $K_2^{4ж-5}$ ; 7 - железистые кварциты  $K_2^{4ж-6}$ ; 8 - железистые кварциты  $K_2^{4ж-7}$ ; 9 - железистые породы  $K_2^{5ж}$ ; 10 - железистые кварциты  $K_2^{5ж-1}$ ; 11 - железистые кварциты  $K_2^{5ж-6}$ ; 12 - железистые кварциты зоны окисления  $K_2^{4ж}$ ; 13 - железистые кварциты зоны частичного окисления  $K_2^{4ж}$ ; 14 - зона надвига и тектонические нарушения; 15 - стратиграфические контакты; 16 - отметки зоны окисления; 17 - отметки уступов горных работ; 18 - зона магнетитового оруденения (сыпучки); — золото не обнаружено; - - - следы золота; — концентрация золота 0,005-0,03 г/т; о концентрация золота 0,031-0,10 г/т; • концентрация золота 0,11-1,00 г/т.

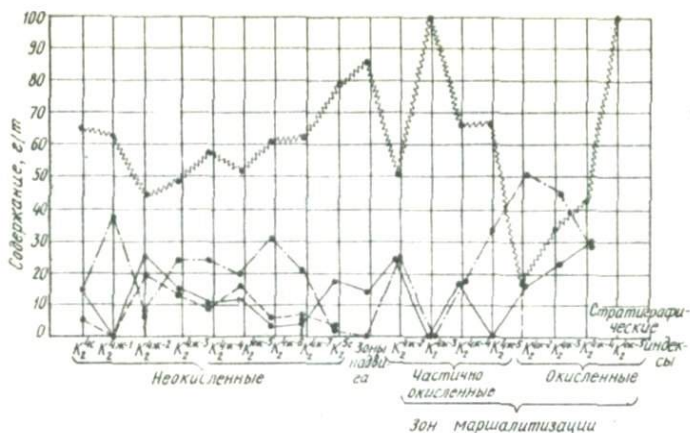


Рис. 4. График распределения содержания золота в железистых кварцитах подгоризонтов  $K_2^{4ж}$  и в железистых породах  $K_2^{4с}$  и  $K_2^{5с}$ .

На графике условно обозначены пробы с содержанием золота (г/т):  $\sim\sim\sim$  0,11–1,0;  $----$  0,031–0,10;  $---$  0,005–0,03;  $—$  следы;  $\sim\sim\sim$  золото не обнаружено.

но железистых карбонатов (с содержанием железа 18–25%) с интенсивной вкрапленностью пирита, сопутствующего повсеместно карбонатной метасоматической минерализации.

Изменение карбонатных брекчий в зоне гипергенеза до гидроксидов железа прослежено по вертикали разреза с разрывом в 30–40 м.

При спектроскопометрическом анализе карбонатных брекчий золото не обнаружено.

Это еще раз подчеркивает большую изменчивость рассеивания концентраций золота, характерную и для золоторудных месторождений.

В заключение отметим, что вся золотоносность участка связана с миграцией углекислых метасоматических растворов, определивших повышенный карбонатный "фон" месторождения и с незначительной пиритной минерализацией.

По неокисленной части  $K_2^{4ж}$  количество анализов с содержанием золота составило 36,7%, а в окисленной части участка в роговиках  $K_2^{4ж}$  — 55,4%.

## Выводы

1. Проведенными комплекс исследованиями позволил установить в породах и железистых роговиках месторождения следующий набор элементов-примесей:

аксессуарный бериллий, ванадий, галлий, германий, марганец, медь, никель, иттрий, лантан, скандий, титан, хром, цинк, цирконий, барий.

2. Установлено, что максимальные концентрации большинства элементов наблюдаются в сланцевых породах ( $K_2^{4c}$  и  $K_2^{5c}$ ), особенно в сланцевой толще  $K_2^{4c}$ .

В рудных железистых роговиках концентрации этих элементов резко падают, значительно сокращая при этом терригенный пелитоморфный материал.

Некоторая однотипность характера распределения на фациальном профиле как в железистых роговиках, так и в минералах различных по геохимическим свойствам элементов позволяет утверждать, что это распределение регулировалось условиями седиментации первичных кремнисто-железистых веществ и является унаследованным [4,16].

3. Для руд и пород фациального профиля составлены геохимические ряды средних содержаний элементов-примесей.

4. Геохимическая оценка участка месторождения показала, что для таких элементов-примесей, как скандий, галлий, германий, лантан, иттрий характерны содержания как на уровне кларков, так и выше.

Для выявления зон повышенной минерализации необходимо проводить дальнейшие геохимические работы.

5. Геологической службе комбината при проведении геолого-разведочных эксплуатационных работ необходимо планировать объемы полуквантитативных спектральных анализов для геохимического контроля редкометалльного распространения элементов (в среднем 400-500 проб на год) с более детальной степенью опробования силикатсодержащих пород на весь набор элементов.

6. Для золотометрической оценки месторождения (предшествующий этап) необходимо составить высокоточные (на топомаркшейдерской инструментальной основе) структурно-геологические карты типа карты Скелеватского магнетитового месторождения. Инструментальная привязка к такой основе позволяет выявить пространственную приуроченность ореолов минерализации золота и установить ее генетическую природу.

7. Как показал анализ пространственного распределения золотометрических проб, повсеместно отмечается приуроченность золота к тектоническим зонам и их "опереющим" нарушениям.

8. Сопутствующим признаком золотой минерализации следует считать вторичные ореолы карбонатизации и сопутствующей им слабой пиритизации, как следствие наложенных углекислых метасоматических растворов, мигрировавших в наиболее ослабленных и проводящих тектонических зонах, опережающих нарушениях, трещинах отдельности и в порово-капиллярных промежутках по плоскостям наложения пород и железистых роговиков.

9. Наиболее перспективны по содержанию золота минералогические разновидности подгоризонтов железистых горизонтов четвертого железистого

горизонта, где от 16,7 до 37,5% анализов фиксируют содержание его в пределах 0,005-0,03 г/т и от 8,5 до 18,8% анализов - в пределах 0,081 - 0,10 г/т. Более значительные концентрации (0,11-1,0 г/т) отмечены только в подгоризонтах  $K_2^{4ж-2}$  и  $K_2^{4ж-7}$ .

Указанные значительные его концентрации и повсеместность распространения среди неокисленных разностей подтверждают необходимость более широкой постановки специальных геохимических работ с целью детального оконтуривания ореолов золотоносности и детальной характеристики сопутствующих элементов-примесей и постановки работ по решению задач комплексного использования железных руд и продуктов их обогащения.

В окисленных роговиках четвертого железистого горизонта участков интенсивной маршалитизации как в восточной, так и в западной части повсюду наблюдается золотая минерализация - как следствие самой активной для этих участков месторождения проработки углекислыми растворами толщи железистых роговиков, захватывающих все литологические типы.

10. Окисленные роговики зон маршалитизации представляют собой природно подготовленный к обогащению "полураскрытый" материал: они сыпучие, местами легко измельчаемые. Из всех запасов окисленных руд месторождения они являются самым высококачественным сырьем и характеризуются повышенной золотоносностью.

11. Необходимо оценивать золотометрию по глубоким разведочным скважинам до полной глубины отработки месторождения с подсчетом его запасов в железорудной толще.

12. Концентрации редких земель и других элементов-примесей, а также золота как в мономинеральных фракциях, так и в отвальных хвостах обогащения низкие.

13. Дальнейшее изучение золотоносности необходимо вести как по укрупненным единицам (комплекс слоев - средние пробы типа исследовавшихся), так и по более дробным, самостоятельным: набору слоев - рудным, кварцевым, кварц-карбонатным, силикатным и т.д.

14. Установлено, что проявления золота следует связывать с глубинными процессами в породах гранитного комплекса.

Относительная равномерность содержания золота в породах обусловлена относительно равномерной тектонической проработкой ядра замыкания структуры, вскрытой карьером ШГОКа.

Концентрации золота связаны, как правило, не с самой плоскостью тектонического ива надвиговых зон, а распределяются вблизи их, образуя своеобразный ореол рассеивания в железистых породах импрегнированных карбонатами.

Концентрация содержаний золота в районе шахтного поля Рудоуправления Ингулец несколько выше, чем в пределах карьера ШГОКа. Это, по-видимому, связано с общей структурной позицией участков и пространственным положением основного питающего Западного глубинного надвига (разлома) по отношению к структурным полям: более близким - Ингулецкого и отдаленного - Скелаватского.

## Л и т е р а т у р а

1. Семененко Н.П. Структура рудных полей Криворожских железорудных месторождений, т. I. Изд-во АН УССР, Киев, 1946.
2. Семененко Н.П. и др. Структура рудных полей криворожских железорудных месторождений. Изд-во АН УССР, Киев, 1958.
3. Белевцев Я.Н. и др. Геологическое строение и железные руды Криворожского бассейна. Госгеолтехиздат, М., 1957.
4. Плаксенко Н.А. Главнейшие закономерности железорудного осадко-накопления в докембрии. Изд-во Воронеж. ун-та, 1966.
5. Тохтуев Г.В., Гершойг Ю.Г., Прохода В.С., Шапошников В.А. и др. Путеводитель по метаморфогенным месторождениям и рудопоявлениям докембрия УКЩ (к совещанию по проблемам метаморфогенного рудообразования). "Наукова думка", Киев, 1969.
6. Грицай Ю.Л., Журавлев А.С., Прохода В.С., Шапошников В.А. Литологическая изменчивость четвертого железистого горизонта  $K_2^{4ж}$  в районе южного Кривбасса и ее технологическая оценка. - В кн.: Рудничная геология, гидрогеология, геофизика, в. IВ. Изд. ВИОГЕМ, Белгород, 1970.
7. Черновский М.И., Шапошников В.А., Прохода В.С. Структурно-геологическое картирование Скелеватского магнетитового месторождения. - В кн.: Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах в вузах УССР, в. 6. "Вища школа", Киев, 1972.
8. Гершойг Ю.Г., Грицай Ю.Л., Педан М.В., Шапошников В.А. Стратиграфическое расчленение и особенности руд четвертого железистого горизонта в Кривбассе. - Геология рудных месторождений, 1972, № 5.
9. Баршполец В.Т., Шапошников В.А., Щирица А.С. Определение степени раскрытия минералов окисленных железных руд. - Геол. журн. АН УССР, 1973, т. I.
10. Шапошников В.А., Прохода В.С. Особенности вещественного состава и структурные взаимоотношения в роговиках и джеспилитах зоны окисления Скелеватского и Новокриворожского районов Кривбасса. - В кн.: Вопросы рудничной геологии, ч. I. Изд. ВИОГЕМ, Белгород, 1970.

11. Семеновко Н.П. и др. Петрография железисто-кремнистых формаций Украинской ССР. Изд-во АН УССР, Киев, 1956.

12. Семеновко Н.П. Метаморфизм подвижных зон. "Наукова думка", Киев, 1966.

13. Григорьев В.М., Момджи Г.С. Редкие элементы в железных рудах. "Недра", М., 1966.

14. Ивсен Ю.П. Использование аксессуарных элементов в целях стратиграфической корреляции метаморфических толщ и в качестве петрохимических индикаторов процесса метаморфизма. - В кн.: Металлогения осадочных и осадочно-метаморфических пород. "Недра", М., 1966.

15. Горлицкий Б.А. Распределение малых элементов и проблемы металлогении осадочно-вулканогенных формаций докембрия Украинского щита. "Наукова думка", Киев, 1970.

16. Коваль И.К. Генетическое значение закономерностей распределения элементов-примесей в железисто-кремнисто-сланцевых породах КМА, формы их миграции и условия накопления. - В кн.: Вопросы геологии и металлогении докембрия Воронежского кристаллического массива. Изд-во Воронеж.ун-та, 1972.

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

Введение .....	3
I. Особенности геологического строения и вещест- венного состава .....	4
II. Геохимия элементов-примесей пород месторождения .....	15
Содержание элементов и геохимические ряды стратиграфического разреза .....	15
Содержание элементов-примесей в минералах железистых пород средней свиты Скелеват- ского магнетитового месторождения .....	33
Распространение элементов-примесей (по часто- там встречаемости, %) в подгоризонтах желе- зистых горизонтов и в толщах сланцевых пород .....	35
Распределение серебра на участке .....	54
Золотоносность участка месторождения .....	55
Выводы .....	58
Литература .....	61

Иван Корнеевич ЛАТЫШ,  
Виталия Александрович ШАПОШНИКОВ

ГЕОХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ  
СКЕЛЕВАТСКОГО МАГНЕТИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

(Научная информация)

Печатается по постановлению ученого совета  
Института геохимии и физики минералов АН УССР

Редактор Т.В.Кацовенко  
Художественный редактор Н.И.Возный  
Технический редактор Р.Э.Хазирова  
Корректор Н.Н.Зинченко

---

Подписано к печати 30.V 1974 г. БФ 02362. Бумага офс. № 2, 60x84 I/16.  
Условно-печ. листов 3,72. Учетно-изд. листов 3,52.  
Тираж 600. Зак. № 4-415. Изд. № 511. Цена 22 коп.

---

Издательство "Наукова думка". Киев, Репина, 3.  
Киевская типография научной книги Республиканского производственного  
объединения "Полиграфкинига" Госкомиздата УССР. Киев, Репина, 4.

Цена 22 коп.

1078

« НАУКОВА ДУМКА »