

УДК 553.31 (477.63)

Г. Т. ТАТУНЬ

## О НЕКОТОРЫХ ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЯХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД САКСАГАНСКОЙ ПОЛОСЫ КРИВОГО РОГА

Богатые железные руды Саксаганской полосы подверглись различного рода изменениям. Как показали наши исследования, эти изменения имеют эпигенетический характер и связаны с последующей цементацией пористых железных руд различными минералами. Цементация гетитом, кварцем и сидеритом пористых мартитовых, железнослюдково-мартитовых руд улучшает их технологические свойства (повышает крепость, кусковатость) и переводит их в разряд мартеновских руд. Апатитизация и каолинизация не вызывают существенного изменения физико-механических свойств руд, но влияют на качество, повышая их фосфористость и глиноземистость. Отсюда становится ясным, что изучение условий образования и распространения цементационных руд имеет не только теоретическое значение, но и представляет большой практический интерес.

Новый фактический материал, полученный в результате детального изучения керна глубоких скважин, пробуренных в последнее время в пределах Саксаганской полосы, позволяет более надежно определить последовательность цементации и характер ее распространения с глубиной. В настоящей статье мы остановимся только на мартитовых рудах с цементационными апатитом и каолинитом.

Мартитовые руды с апатитом. Цементация апатитом пористых мартитовых, железнослюдково-мартитовых руд отмечается по всему простиранию рудовмещающей синклинали Саксаганской полосы в пределах глубин от 965 м (скважина 13350) до 1760 м (скважина 7000). Однако масштабы ее проявления незначительны и носят спорадический характер. В морфологическом отношении апатитизация проявляется в виде неправильной формы участков, реже избирательно обогащенных зон мощностью от 5—10 см до 2—3 м. На руднике им. XX партсъезда мощность обогащенных зон достигает 5 м. Внешне процесс апатитизации в пористых рудах проявляется слабо, без заметно выраженных обособлений. Крепость руд при этом почти не изменяется. В отдельных случаях она может увеличиваться на 1—2 балла (по шкале Протодьяконова) по сравнению с вмещающими пористыми рудами. Это объясняется тем, что апатитизация проявляется частично и не образует сплошной цементации. Известно, что содержание фосфора в докембрийских железистых породах криворожского типа небольшое, обычно ниже среднего значения его в земной коре [3]. По данным А. П. Виноградова [2], среднее значение фосфора в земной коре составляет 0,09%. В криворожских железистых породах содержание фосфора еще ниже. Однако в отдельных

случаях аномальные значения содержания фосфора могут достигать 1,0—1,1%, что превышает обычное его содержание в пористых рудах в 100—150 раз (табл. 1). В общем дисперсногематито-мартитовые, гетито-дисперсногематитовые руды содержат фосфора в 10—15 раз больше, чем пористые мартитовые, железнослюdkово-мартитовые руды (табл. 1).

Таблица 1

Компоненты	Результаты химических анализов (вес. %)			
SiO <sub>2</sub>	9,34	17,4	1,64	11,4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	1,17	1,04	6,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	88,08	76,56	92,9	72,86
FeO	1,61	0,4	0,20	0,9
CaO	сл.	сл.	1,44	1,40
MgO	сл.	сл.	0,07	1,60
K <sub>2</sub> O—Na <sub>2</sub> O	сл.	сл.	0,59	2,06
S	0,004	0,01	0,053	0,02
P	0,006	1,11	0,520	0,176
п.п.п.	—	2,78	0,97	3,09
Сумма	99,05	99,43	99,42	100,11
Fe	62,9	53,8	65,2	51,7
Стратиграфический индекс	K <sub>2</sub> <sup>6ж</sup>	K <sub>2</sub> <sup>2ж</sup>	K <sub>2</sub> <sup>5ж</sup>	K <sub>2</sub> <sup>5с</sup>
№ скв.	11730	квершлаг в оси 24	9696 <sup>а</sup>	7000
Интервал глубин, м	1512,19—1518,49	267	1329,25	1760,58—1780,86
Наименование руды	мартитовая	мартитовая с апатитом	то же	гетито-дисперсногематитовая с апатитом
Рудопроявление	им. Ленина		им. Кирова	

Петрографические исследования показывают, что апатит в пористых рудах располагается в порах между зернами и сростками мартита, цементируя их. Зерна апатита хорошо окристаллизованы, дают в сечении шестиугольники, ромбы, прямоугольники, квадраты размером 0,01—0,06 мм (фиг. 1). В редких случаях апатит наблюдается в виде продолговатых пластинок, имеющих четко выраженное зональное строение. Размер таких пластинок составляет 0,07×0,35 мм (фиг. 2).

Образование цементационного апатита в пористых мартитовых, железнослюdkово-мартитовых рудах представляется следующим образом. Как известно, в настоящее время большинство исследователей объясняет образование пористых руд односторонним выносом кремнезема под воздействием щелочных гравитационных вод (pH > 7), циркулирующих в условиях приподнятости железистых пород над базисом эрозии. По нашему мнению, в формировании устойчивой щелочной среды гравитационных вод наряду с сильными щелочами, содержащимися в незначительных количествах в силикатах железистых пород, принимали участие процессы гидролиза [5, 6, 7]. Но так как щелочность гравитационных вод расходуется на вынос кремнезема, то на некоторой стадии процесса она будет не в состоянии нейтрализовать углекислоту, постоянно присутствующую в гипергенных гравитационных водах. Другими словами, на завершающей стадии эволюции щелочных гравитационных растворов произойдет их закономерное преобразование в кислые (pH < 7). Кислые



Фиг. 1. Развитие кристалликов апатита в пористой мартитовой руде. Черное—мартит, серое—апатит, светло-серое—поры. Здесь и на фиг. 2 снято при параллельных николях, увелич. 120. Сква. 9696 а, гл. 1329, 28 м.



Фиг. 2. Образование кристалликов апатита пластинчатого габитуса в порах мартитовой руды. Увелич. 40. Сква. 7000, интервал глубины 1757—1760 м.

растворы и вызвали миграцию фосфора из вышележащих железистых пород. Геотектоническое развитие рудоносной синклинали сопровождалось опусканием отдельных ее участков ниже базиса эрозии, где происходило накопление элементов, привнесенных гравитационными водами. Цементация апатитом пористых железных руд произошла в зоне застойных вод, которые на этом этапе своего развития имели  $pH \geq 7$  и  $Eh > +0,0в$ . Образование апатита происходило в условиях повышенного парциального давления  $CO_2$  по реакции:



Таким образом, цементация апатитом пористых мартитовых, железнослюдково-мартитовых руд произошла на более позднем этапе гипергенных воздействий и отражает закономерное изменение характера не только гравитационных, но и застойных вод.

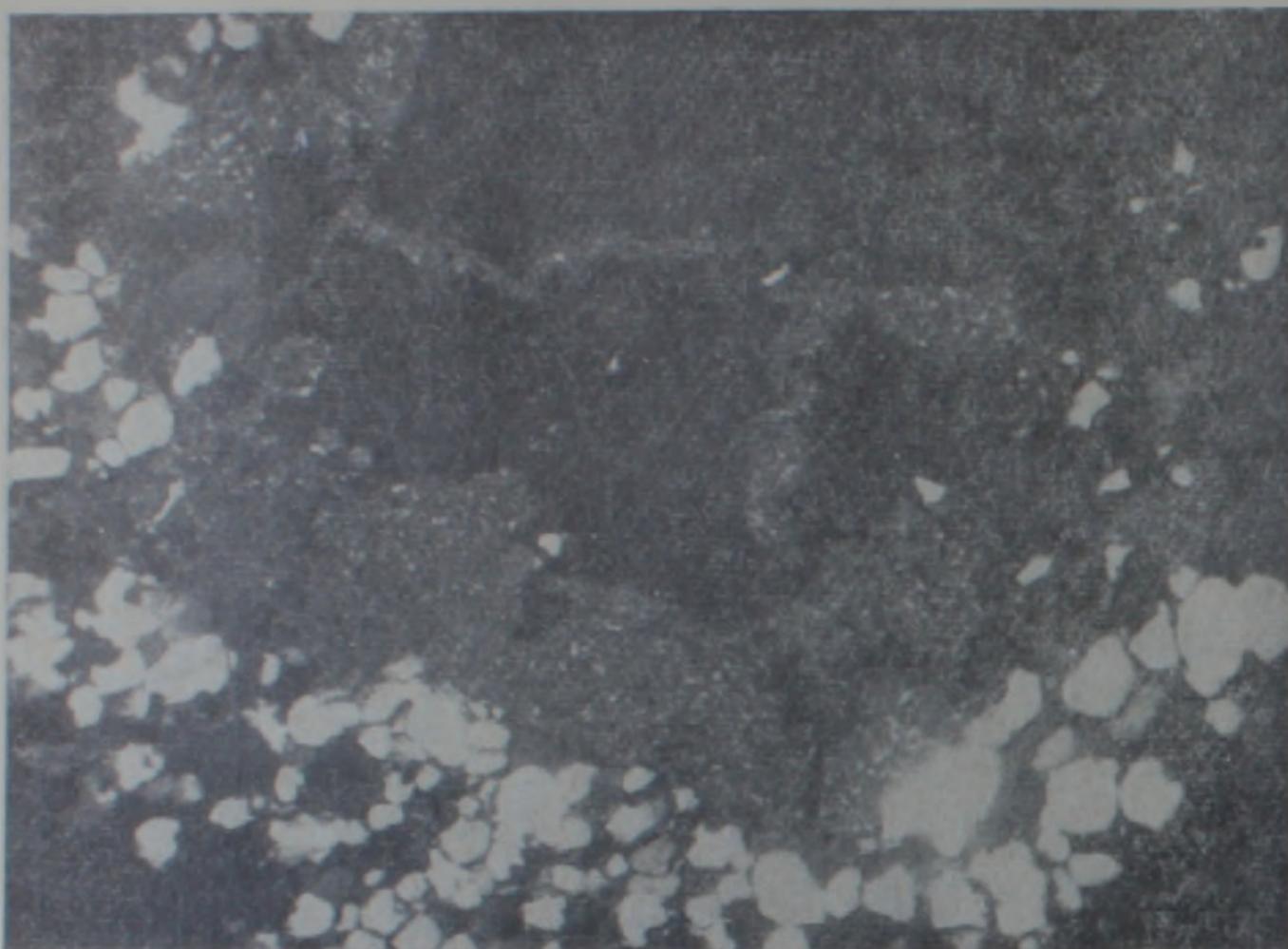
Мартитовые руды с каолинитом. Развитие каолинита в пористых мартитовых, железнослюдково-мартитовых рудах наблюдается в ничтожно малых количествах, обычно не превышающих 0,1—0,2%. Но встречаются участки в руде, где количество глинозема увеличивается в 25—30 раз, достигая 5,86% (табл. 2). В таких случаях каолинит виден

Таблица 2

Компоненты	Результаты химических анализов (вес. %)				
SiO <sub>2</sub>	10,2	1,18	1,54	1,70	1,20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10	5,86	5,56	2,50	2,80
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	87,71	83,3	83,70	94,50	93,66
FeO	0,52	0,15	0,15	сл.	0,56
CaO	сл.	0,18	0,02	сл.	сл.
MgO	сл.	0,07	0,06	сл.	сл.
K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O	сл.	1,70	1,15	сл.	сл.
S	сл.	0,334	0,286	0,01	0,016
P	0,04	0,111	0,108	0,045	0,33
п.п.п.	0,73	6,89	6,87	1,45	0,9
Сумма	99,31	99,77	99,43	100,20	99,47
Fe	61,80	58,50	58,70	66,14	66,0
Стратиграфический индекс	K <sub>2</sub> <sup>5ж</sup>	K <sub>2</sub> <sup>5ж</sup>	K <sub>2</sub> <sup>5ж</sup>	K <sub>2</sub> <sup>5ж</sup>	K <sub>2</sub> <sup>6ж</sup>
№ скв.	11350	11350	11350	6528	11300
Интервал глубин, м	919,66— 926,38	968,39— 973,76	965,89	1484,02— 1498,51	2016,10— —2026
Наименование руды	мартитовая	каолинито-мартитовая с апатитом		мартитовая с каолинитом	мартитовая с каолинитом и апатитом
Рудоуправление		им. Кирова		им. Карла Либкнехта	им. Ленина

невооруженным глазом в виде точечных образований или послойных скоплений, заполняющих поры между зернами мартита. В этих случаях каолинит нередко принимался геологами за дезинтегрированный мучнистый белый кварц. Аномально обогащенные каолинитом пористые руды встречаются в широком диапазоне глубин: от верхних горизонтов горных работ (300—475 м) до глубин, превышающих 2000 м. В морфологическом отношении каолинизация, как правило, проявляется локально в виде пятнистых, кармановидных участков размером от 10—20 см до 6 м и совершенно не влияет на физико-механические свойства руд.

Исследования показали, что каолинит образует в пространстве между зернами и сростками мартита пятнистые, прожилковые, линзовидные обособления, имеющие микрочешуйчатое строение с низким двупреломлением (фиг. 3). Иногда каолинит ассоциирует с апатитом. При этом отчетливо наблюдается как каолинит разъедает и замещает мелкие кристаллы апатита. В пределе этого процесса сохраняются только контуры



Фиг. 3. Развитие каолинита в пористой мартитовой руде. Прозрачный шлиф, снято при скрещенных николях, увелич. 100. Черное—мартит; светло-серое, белое—реликтовый кварц; серое микрочешуйчатого строения—каолинит. Скв. 13350, инт. глубины 998,25—1000, 30 м.

зерен апатита, тогда как сами зерна полностью замещены микрочешуйчатыми агрегатами каолинита. Таким образом, проявление каолинизации в пористых рудах фиксирует собой завершающий этап в эволюции гипергенных растворов.

Источником каолинита явились вышележащие алюмосиликатсодержащие железистые породы, которые под воздействием щелочных гравитационных вод подверглись стадийному разложению [4]. Образование каолинита связано с более поздним этапом в эволюции гравитационных вод, когда последние имели уже кислый характер ( $\text{pH} < 7$ ). Возможность миграции гидроокиси алюминия детально изучена в работе В. А. Броневого и Б. М. Михайлова [1]. Застойные воды, естественно, также представляли собой кислую среду, но с  $\text{pH}$  более высоким, чем у гравитационных вод. Это положение становится понятным, если учесть, что характер среды застойных вод менялся в соответствии с изменениями гравитационных вод, но с некоторым запаздыванием, так как равновесие среды в этих условиях наступает не сразу. Таким образом, цементация пористых мартитовых, железослюдково-мартитовых руд каолинитом произошла в зоне застойных вод, когда последние имели уже слабокислую среду.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы.

Образование цементационных проявлений в пористых рудах отражает эволюцию гипергенных процессов, в которой четко выделяется два этапа:

а) односторонний вынос кремнезема под воздействием щелочных гравитационных вод, обусловивших образование пористых руд;

б) вынос фосфора, глинозема из вышележащих железистых пород под воздействием кислых растворов. Накопление вынесенных элементов в пористых рудах происходило в зоне застойных вод, геохимические параметры (рН, Eh) которых изменялись в соответствии с эволюцией гравитационных вод. Направленное изменение застойных вод в сторону снижения рН и Eh определило строгую геохимическую последовательность в отложении цементационных минералов в пористых рудах: апатит, каолинит.

Локальная цементация указанными минералами пористых руд обусловлена опусканием отдельных участков региона до уровня застойных вод, что дает возможность образованию цементационных руд на различных глубинах.

Цементация апатитом и каолинитом не вызывает существенного изменения физико-механических свойств руд, но ухудшает качество, повышая их фосфористость и глиноземистость.

Криворожский горнорудный институт

Поступила 10.V.1972

Գ. Տ. ՏԱՏՈՒՆ

ԿՐԻՎՈՅ ՌՈՒԻ ՍԱԿՍԱԳԱՆՅԱՆ ԳՈՏՈՒ ԵՐԿԱԹԻ ՀԱՆՔԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ՈՐՈՇ ԷՊԻԳԵՆԵՏԻԿ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոդվածում քննարկվում են ապատիտ ու կաոլինիտ պարունակող մարտիտային և երկաթափայլարային-մարտիտային հանքանյութերի տարածման, տեղադրման ու առաջացման պայմանները: Նշվում է, որ արդեն ձևավորված մարտիտային ու երկաթափայլարային-մարտիտային հանքանյութերի ցեմենտացումն ապատիտով ու կաոլինիտով կրում է էպիգենետիկ բնույթ: Հանքանյութերի ամրությունն այդ ընթացքում կրում է աննշան փոփոխություններ:

Վերոհիշյալ հանքանյութերի առաջացումն առնչվում է գրավիտացիոն ջրերի էվոլյուցիայի ավելի ուշ՝ թթու էտապի հետ: Թթու հիպերգեն լուծույթները ֆոսֆոր ու կավահող են արտալուծել սիլիկատներով հարուստ ավելի վեր տեղադրված երկաթապարունակող ապարներից: Այդ նյութերի կուտակումը ծակոտկեն մարտիտային ու երկաթափայլարային-մարտիտային հանքանյութերում կատարվել է անշարժ ստորերկրյա ջրերի գոտում, որոնց գեոքիմիական պարամետրերը (рН, Eh) փոխվել են գրավիտացիոն ջրերի փոփոխությունների հետ կապված: Անշարժ ջրերի փոփոխությունները рН-ի և Eh-ի փոքրացման ուղղությամբ բնորոշել են ցեմենտացնող միներալների այն է՝ ապատիտի, կաոլինիտի առաջացման որոշակի գեոքիմիական հաջորդականությունը ծակոտկեն հանքանյութերում: Այս դրույթը համընկնում է պետրոգրաֆիական ուսումնասիրություններից ստացված տվյալների հետ: Ծակոտկեն հանքանյութերում ցեմենտացման երևույթները դիտվում են տարրեր խորությունների վրա, որը կարող է պայմանավորված լինել անշարժ ստորերկրյա ջրերի մակարդակի փոփոխմամբ, իսկ վերջինս կախման մեջ է եղել հանքատար սինկլինալային ստրուկտուրայի գեոտեկտոնական զարգացումից: