

В. М. ЧЕРНОВ

ОБ УСЛОВИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ КОСТАМУКШСКОГО ЖЕЛЕЗО-РУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В послевоенные годы (1946—1952) на территории Карелии была открыта крупная железисто-кремнистая формация («железорудная формация»), представленная преимущественно магнетитовыми кварцитами и магнетитовыми сланцами, залегающими в докембрийских осадочно-вулканических толщах, которые позднее (4, 2) были выделены в самостоятельную гимольскую серию и по возрасту отнесены к лопскому отделу нижнего протерозоя.

В общем плане карельского геосинклинального пояса карелид породы гимольской серии занимают центральную часть, располагаясь в синклинойной зоне северо-западного направления, и прослеживаются с небольшими перерывами с юго-востока (из района Маньги) на северо-запад (до бассейна системы озер Куйто) на протяжении около 500 км. В этой структурной зоне располагается ряд месторождений магнетитовых кварцитов (Костамукшское, Межозерское, Гимольское, Совдозерское, Хедозеро-Большезерское), среди которых Костамукшское — крупнейшее.

На основе материалов, полученных при изучении стратиграфии протерозоя Костамукшского железорудного района, автор установил строение железисто-кремнистой формации и сделал попытку определить главные геологические и геохимические особенности ее осадконакопления.

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И СТРАТИГРАФИЯ ПРОТЕРОЗОЯ КОСТАМУКШСКОГО РАЙОНА

Костамукшский железорудный район расположен в северо-западной части Карелии, в 50 км южнее оз. Верхнее Куйто. Преобладающая часть этого района сложена супракрустальными образованиями нижнего протерозоя, среди которых различаются разнообразные по составу группы первично-осадочных и вулканических пород (табл. 1).

Протерозойские образования слагают сложно-складчатую синклиналиную структуру субмеридионального простирания, которая прослеживается с севера на юг около 25 км и имеет в средней части ширину 6 км.

С запада и востока Костамукшская синклиналь ограничена антиклинальными поднятиями, в которых главным образом выступают

Таблица 1

Стратиграфическая схема Костамукшского железорудного района

А		Б		Состав	Мощность	
Нижний протерозой	Сумский отдел	Нижне-карельский комплекс	Гимольская серия	Метадиабазы, метамандельштейны, зеленые сланцы, переходящие местами в роговообманковые сланцы и амфиболиты Угловое несогласие.	>500 м	
	Лопский отдел			Верхняя (продуктивная) толща	Метаморфизованные альбитофиры и их туфы биотито-плагиоклазо-кварцевого состава	30—100 м
				Нижняя толща	Переслаивание полосчатых магнетитовых кварцитов с пачками пород, состоящими из графитистых пиритиносных, карбонатных, тальковых, амфиболовых сланцев и амфиболовых кварцитов	20—450 м
	Амфиболовые сланцы, амфиболиты, кислые туфо-сланцы и туфобрекчи, амфиболовые и биотитовые гнейсы, кварцево-серицитовые сланцы, аркозы, гранитные конгломераты				450—500 м	

Примечание. А — провинциальная, и Б — местная (региональная) стратиграфическая шкала.

архейские гранитоиды, прорванные и мигматизированные протерозойскими гранитами. Средняя часть структуры сложена основными эффузивами, в крыльях залегают породы железисто-кремнистой формации. Структура во многих местах разбита разломами, заполненными интрузиями основных пород и гранитов.

По возрасту нижне-протерозойские супракрустальные образования района подразделяются на два отдела: лопский, представленный гимольской серией, и сумский, состоящий из основных эффузивов, отделенных от гимольской серии угловым несогласием (3).

Отложения гимольской серии стратиграфически расчленяются на две крупные толщи: нижнюю и верхнюю (продуктивную), которые резко различаются по литологии (табл. 1).

Нижняя толща в большей части сложена кислыми вулканитами, верхняя в основном представлена породами железисто-кремнистой формации. Разрез верхней толщи венчается пачкой кислых эффузивов их туфов и ритмично-слоистых туфогенных кварцево-биотитовых сланцев.

В восточном крыле Костамукшской синклинали породы железисто-кремнистой формации образуют крупное Костамукшское месторождение, представляющее собой опрокинутую на запад, северо-запад синклинальную структуру второго порядка.

ГЛАВНЫЕ ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕРХНЕЙ ПРОДУКТИВНОЙ ТОЛЩИ

Наиболее полные разрезы верхней толщи наблюдаются в средней части западного крыла структуры Костамукшского месторождения. Здесь разрез продуктивной толщи имеет следующее строение (снизу вверх):

	Мощность (м)
1) первая пачка переслаивания сланцев	20—100
2) первый рудный горизонт	20—40
3) вторая пачка переслаивания сланцев	10—20
4) второй рудный горизонт	100—120
5) третья пачка переслаивания сланцев	0—10
6) третий рудный горизонт	120—150
7) пачка кислых эффузивов и их туфов	60—100

Пачки переслаивания сложены филлитовидными кварцево-биотитовыми, кварцево-серицитовыми графитистыми сланцами, насыщенными пиритом; амфиболовыми кварцитами, талько-содержащими сланцами (талько-хлоритовые, талько-амфиболовые, амфиболовые сланцы), образовавшимися в результате метаморфизма основных и ультраосновных эффузивов. Кроме того, в пачках переслаивания присутствуют мало-мощные (до 6 м) пласты карбонатных сланцев (биотито-карбонатные, амфиболо-карбонатные), а в первой пачке переслаивания линзы магнетитовых кварцитов мощностью до 10 м.

Рудные горизонты сложены в основном амфиболо-магнетитовыми и магнетито-амфиболовыми полосчатыми кварцитами, местами переходящими в биотито-магнетитовые и магнетито-биотитовые разности.

Пачка кислых эффузивов сложена в различной степени измененными альбитофирами и их туфами, преобразованными в альбито-биотито-кварцевые сланцы.

Ритмичное повторение пачек переслаивания и рудных горизонтов в разрезе верхней толщи позволяет объединить их в три крупных ритма осадконакопления, каждый из которых начинается пачкой переслаивания и заканчивается рудным горизонтом.

По минералогическому и химическому составу пород в каждом ритме выделяется по четыре минералогические фации (или типа) железистых пород (сульфидная, силикатная, окисно-силикатная, окисная), закономерно сменяющие друг друга в разрезах ритмов.

Нижние части ритмов в основном сложены породами сульфидной фации, представленными графитистыми пиритовыми сланцами, характеризующимися высоким содержанием железа, связанного в форме первично-осадочного пирита.

Графитистые пиритовые сланцы представляют собой филлитовидные, темно-серые или черные породы, иногда с тонкослоистой текстурой, образованной чередованием прослоев мощностью 0,2—0,5 см темно-серого и черного цвета. Цвет прослоев обусловлен наличием графитистого вещества и темноцветных минералов.

Основными породообразующими минералами этих сланцев являются кварц (20—60%), биотит (15—60%), серицит (5—45%), графит ? (углеродистое вещество 5—50%), пирит (5—35%). Пирит присутствует в виде мелких изометричных зерен, равномерно рассеянных в породе или частью в виде переотложенных послонных прожилков. В виде единичных зерен наблюдаются кислый плагиоклаз, карбонат, турмалин, апатит, рутил. Структура сланцев лепидогранобластовая.

Судя по минералогическому и химическому составу, графитистые сланцы первоначально представляли собой песчано-глинистые осадки, обогащенные углеродистым веществом и сульфидами железа. В отличие от сульфидной фации, выделенной Джемсом (11) в составе железорудной формации района Железной реки (штат Мичиган), где содержание пирита достигает 37,5%, сульфидная фация Костамукшского района характеризуется значительно меньшим содержанием пирита (7—9%, табл. 2, 3) и высоким содержанием кремнезема, что, видимо, связано с условиями осадконакопления.

По содержанию пирита сульфидная фация Костамукши сходна с крупной докембрийской формацией южной Австралии, где максимальное содержание сульфидов (пирит, пирротин) не превышает 15 %.

Таблица 2
Химический состав пиритовых сланцев (сульфидная фация)

Окислы	1	2
	Вес. %	Вес. %
SiO ₂	62,18	36,67
Al ₂ O ₃	8,67	6,90
Fe ₂ O ₃	5,17	—
FeO	6,4	2,35
FeS ₂	6,7	38,7
MnO	0,07	0,002
CaO	1,27	0,13
MgO	1,96	0,65
Na ₂ O	5,45	0,26
K ₂ O	1,45	1,81
TiO ₂	0,44	0,39
V ₂ O ₅	—	0,15
P ₂ O ₅	—	0,20
H ₂ O ⁻	—	0,55
H ₂ O ⁺	—	1,25
SO ₃	—	2,60
C	0,3	7,6
Сумма	100,06	100,21

Примечания. 1. Пиритовые сланцы Костамукшского месторождения. Аналитик Н. Д. Малькова (Карельский филиал АН СССР).

2. Пиритовые сланцы района Железной реки (по Джемсу).

Вторым минералогическим типом железистых пород железисто-кремнистой формации Костамукшского месторождения являются амфиболовые кварциты, которые залегают в виде пластов мощностью 1—5 м обычно в верхних частях пачек переслаивания и часто подстилают магнетитовые кварциты рудных горизонтов. По соотношению окисного железа с железом, входящим в состав силикатов, амфиболовые кварциты относятся к силикатной фации железистых

Таблица 3

Частичные химические анализы пиритовых сланцев (сульфидная фация) Костамукшского месторождения

№ п/п	Содержание серы (вес. %)	Содержание растворимого железа (вес. %)	Содержание пирита (вес. %)
1	3,71	10,58	6,86
2	4,42	10,73	8,17
3	4,71	12,05	8,71
4	4,76	12,87	8,80
5	4,14	9,94	7,66
6	4,92	12,40	9,10
7	3,55	11,19	6,56

Примечание. Анализы 1, 2, 3, 4, 5, 6 из отчета П. А. Гурвич, С. И. Эвенчик (1954 г.). Анализ 7 проведен Н. Д. Мальковой (Карельский филиал АН СССР).

пород. Валовое содержание железа в амфиболовых кварцитах в среднем колеблется от 20—26% и основная масса его связана в форме железистых амфиболов грюнерит-куммингтонитового состава. При этом содержание железа, входящего в силикаты, составляет 85—96% валового железа (табл. 4, анализы 9, 10, 11). Амфиболовые кварциты представляют собой мелкозернистые тонкополосчатые породы, полосчатость которых образована чередованием прослоев мощностью 0,2—2 см раз-

Таблица 4

Частичные анализы магнетитовых и амфиболовых кварцитов Костамукшского месторождения

	Валовое железо (вес. %)	Железо, кислотно-растворимое (F''' + F'') (вес. %)	Железо, связанное в оксидах (магнетит) (вес. %)	Железо, связанное в силикатах (вес. %)	Процентное отношение железа силикатного к валовому
1	40,81	39,65	39,65	1,16	2,8
2	39,41	38,43	34,53	4,88	12,4
3	31,22	28,92	26,40	4,82	15,4
4	32,12	28,54	27,54	4,58	14,2
5	26,93	19,94	7,42	19,51	72,4
6	21,27	17,60	7,7	13,67	64,3
7	28,17	18,22	8,6	19,57	69,4
8	29,26	15,67	8,7	20,56	70,0
9	26,83	16,17	3,57	23,26	86,7
10	21,82	14,42	0,8	21,02	96,0
11	14,83	8,54	1,05	13,78	92,9

Примечание. 1, 2, 3, 4 — амфиболо-магнетитовые кварциты; 5, 6, 7, 8 — магнетито-амфиболовые кварциты; 9, 10, 11 — амфиболовые кварциты. Анализы из отчета П. А. Гурвич, С. И. Эвенчик (1954 г.).

личного минералогического состава. Среди прослоев выделяются серовато-белые и белые прослои существенно кварцевого состава с небольшим содержанием амфибола, биотита и карбоната, зеленовато-черные прослои кварцево-грюнерит-куммингтонитовые и грюнерит-куммингтонитовые, иногда с бедной вкрапленностью магнетита.

В этих породах присутствуют также обыкновенная роговая обманка, биотит и щелочной амфибол, развивающийся за счет железистого амфибола. Структура породы меняется от гранобластовой (кварцевые прослои) до фибро- и немато-гранобластовой структур (амфиболовые и кварце-амфиболовые прослои).

Третий литологический тип железистых пород, слагающий средние и верхние части осадочных циклов, представлен магнетитовыми кварцитами, среди которых по минералогическому составу и соотношению кислородных соединений железа (магнетит) с железом, входящим в состав силикатов, выделяется две железистые фации: окисная и окисно-силикатная. Окисная фация сложена амфиболо-магнетитовыми и реже биотито-магнетитовыми кварцитами, в которых основная масса железа связана в форме кислородных соединений (магнетит, реже гематит). Железистые силикаты в них играют второстепенную роль (табл. 4, анализы 1, 2, 3, 4). В окисно-силикатной фации, представленной магнетито-амфиболовыми и магнетито-биотитовыми кварцитами, процентное содержание железа, входящего в железистый силикат, составляет больше половины от валового железа (табл. 4, анализы 5, 6, 7, 8).

По минералогическому составу и текстурным особенностям амфиболо-магнетитовые и магнетито-амфиболовые кварциты очень сходны.

Таблица 5

Окислы	1	2	3	4
SiO ₂	44,83	48,75	52,91	59,18
TiO ₂	0,08	—	0,01	0,06
Al ₂ O ₃	0,74	1,70	1,67	0,54
Fe ₂ O ₃	34,7	30,31	18,31	22,69
FeO	14,22	13,62	20,14	16,94
MnO	0,06	—	0,09	0,23
CaO	1,38	0,89	2,22	3,01
MgO	1,59	1,48	2,05	1,59
P ₂ O ₅	0,19	0,07	0,25	—
H ₂ O гигр.	0,16	2,77	0,08	—
п. п.	1,1	0,04	1,86	1,96
R ₂ O	1,13	—	1,07	0,06
Сумма	100,18	100,63	100,06	99,53

Примечания. 1. Амфиболо-магнетитовый кварцит Костамукшского месторождения. Среднее 5 анализов (1).

2. Магнетитовые полосчатые кварциты железорудной формации Бивабик район Месаби (Сев. Америка). Среднее 5 анализов (12).

3. Магнетито-амфиболовые кварциты Костамукшского месторождения. Среднее 3 анализов (1).

4. Магнетито-грюнеритовый роговик криворожской серии (6).

Они представляют собой тонкополосчатые, мелкозернистые породы черного цвета. Полосчатость образована чередованием черных прослоев, обогащенных магнетитом, со светло-серыми и белыми прослоями существенно кварцевого состава мощностью 0,1—2 см.

Породообразующими минералами являются кварц (45—80%), магнетит (20—60%), железистые амфиболы и биотит. В качестве второстепенных минералов в небольших количествах (0,5—2%) наблюдаются обыкновенная роговая обманка, актинолит, карбонаты, щелочные амфиболы, редко диопсид. Из аксессуаров присутствует апатит. В прослоях перечисленные минералы сочетаются в различных количествах или образуют мономинеральные тонкие самостоятельные полосы.

По химическому составу амфиболо-магнетитовые кварциты Костамукшского месторождения имеют большое сходство с магнетитовыми полосчатыми кварцитами северо-американской докембрийской железорудной формации Бивабик (табл. 5, графа 2), которые отнесены Джемсом (12) к окисной фации железистых пород, и аналогичны магнетито-грюнеритовым роговикам Кривого Рога (табл. 5, графа 4).

Охарактеризованное выше ритмичное строение продуктивной толщи и закономерная смена железистых минеральных типов пород внутри каждого ритма отражает ритмичность осадконакопления и первичную неоднородность состава железистых осадков, что обусловлено тектоническими физико-химическими условиями седиментации.

УСЛОВИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗИСТО-КРЕМНИСТОЙ ФОРМАЦИИ

В настоящее время большинство исследователей рассматривают железистые кварциты джеспелитового типа как первично-осадочные хемогенные породы, в которых железо и кремнезем накопились в результате подводного вулканизма или химического выветривания пород суши.

Принимая во внимание литологический состав железисто-кремнистой формации Костамукшского района и ее ассоциацию с кислыми вулканическими породами, эту формацию необходимо отнести к типу кремнисто-сланцевых джеспелитовых формаций вулканогенно-осадочного происхождения, генетически связанных с кислым вулканизмом (9).

Известно, что при вулканической деятельности в осадках наряду с накоплением обломочно-вулканического материала, концентрируются продукты вулканических эманаций и гидротерм, обогащенных кремниевой кислотой, железом и другими элементами. Попадая в морскую воду, железо осаждается химическим путем, образуя различные минеральные типы (карбонатные, окисные, силикатные, сульфидные) в зависимости от физико-химических условий среды осадконакопления или диагенеза.

Многие исследователи (5, 8, 7, 10, 13) считают, что на минералогическую форму существования железа в осадках большое влияние оказывает окислительно-восстановительный потенциал ЕН и величина рН, отражающие степень кислотности и щелочности воды.

В экзогенных условиях в зависимости от окислительно-восстановительного потенциала различаются три геохимические зоны: окислительная, окислительно-восстановительная и восстановительная.

Профили геохимических зон в различных типах водоемов существенно отличаются друг от друга. Так, согласно Крумбейну и Гаррелсу (13), в открытых морских бассейнах при свободной циркуляции воды величина окислительно-восстановительного потенциала изменяется незначительно (от +0,4 у поверхности до +0,1 у дна). В замкнутых

морских бассейнах или в бассейнах с ограниченной циркуляцией воды величина ЕН колеблется от положительной у поверхности до отрицательной на глубине, где господствуют восстановительные условия. Значение рН в открытом морском бассейне изменяется от 8,4 у поверхности до 7,5 на дне и имеет щелочную реакцию. В полузамкнутых и замкнутых морских бассейнах величина рН изменяется от щелочной у поверхности до нейтральной (рН=7) или слабокислой (рН=6) на дне.

Аналогичные данные получены Б. А. Скопинцевым при изучении окислительно-восстановительного потенциала вод Черного моря, для которых выделяются три зоны, соответствующие окислительной (глубина 0—150 м, ЕН = +0,45, +0,30), окислительно-восстановительной (150—300 м, ЕН = +0,30, +0,10) и восстановительной (300—2000 м, ЕН = -0,1, -0,2) геохимическим зонам (10).

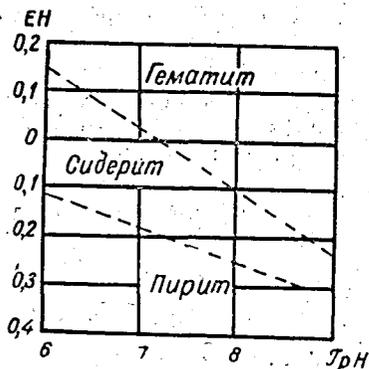


Рис. 1. Поля устойчивости гематита, сидерита и пирита в морской воде (по Крумбейну, Гаррелсу, 13)

Различие физико-химических особенностей среды отложения позволило Л. В. Пустовалову (5) и Г. И. Теодоровичу (8) по железистым минералам выделить для послекембрийских осадков ряд физико-химических обстановок осадконакопления под названием геохимических фаций.

По профилю окислительно-восстановительного потенциала и значению рН Крумбеном и Гаррелсом составлена

диаграмма устойчивости полей гематита, сидерита и пирита (рис. 1), отражающая в основных чертах условия осадконакопления в окислительной, окислительно-восстановительной (поле сидерита) и восстановительной (поле пирита) геохимических зонах.

Закономерная смена в каждом осадочном ритме железистых минеральных фаций (сульфидная, силикатная, окисно-силикатная, силикатно-окисная) в разрезе продуктивной толщи Костамукшского месторождения отражает собой изменения физико-химических условий среды осадконакопления.

Согласно вышеприведенной диаграмме, необходимым условием образования сульфидной фации является сероводородное заражение бассейна при высокой концентрации железа в морской воде.

Эти условия могли возникнуть в полузамкнутом морском бассейне с сероводородным заражением или открытом море в непосредственной близости от вулканического очага при интенсивном поступлении H_2S , SO''_3 и железа в бассейн накопления. При изменении физико-химических условий в сторону повышения рН и ЕН, в условиях нейтральной слабо-восстановительной среды формировались железистые силикатно-кремнистые осадки, превращенные метаморфизмом в амфиболовые кварциты. При окисных условиях химическим путем отлагались тонкослоистые железисто-кремнистые осадки (окислы, гидроокислы) с небольшим содержанием железистых силикатов, метаморфизованные до магнетитовых кварцитов.

Таким образом, формирование каждого осадочного ритма продуктивной толщи месторождения начиналось в восстановительных условиях и заканчивалось в условиях окислительной среды.

Исходя из представлений о формировании гимольской серии в геосинклинальных условиях с широко развитым вулканизмом и более

глубоководном характере отложения окисной фации (химические осадки) по сравнению с сульфидной (кластические осадки), ход осадконакопления железисто-кремнистой формации Костамукшского района представляется в следующем виде.

В центральной части геосинклинали, в районах вулканических островных дуг, в периоды их общего поднятия, связанного с интенсивным вулканизмом, сопровождающимся излияниями магмы, создавались условия для появления отчлененных от открытого моря полузамкнутых бассейнов с восстановительной обстановкой. В этих условиях сероводородного заражения отлагалась сульфидная фация.

В разрезе железисто-кремнистой формации эти периоды отмечаются формированием пачек переслаивания, в которых наряду с графитистыми сланцами сульфидной фации широко развиты талько-хлоритовые, талько-амфиболовые и амфиболовые сланцы, образовавшиеся в результате метаморфизма основных и ультраосновных эффузивов.

Формирование окисной фации железистых пород про-

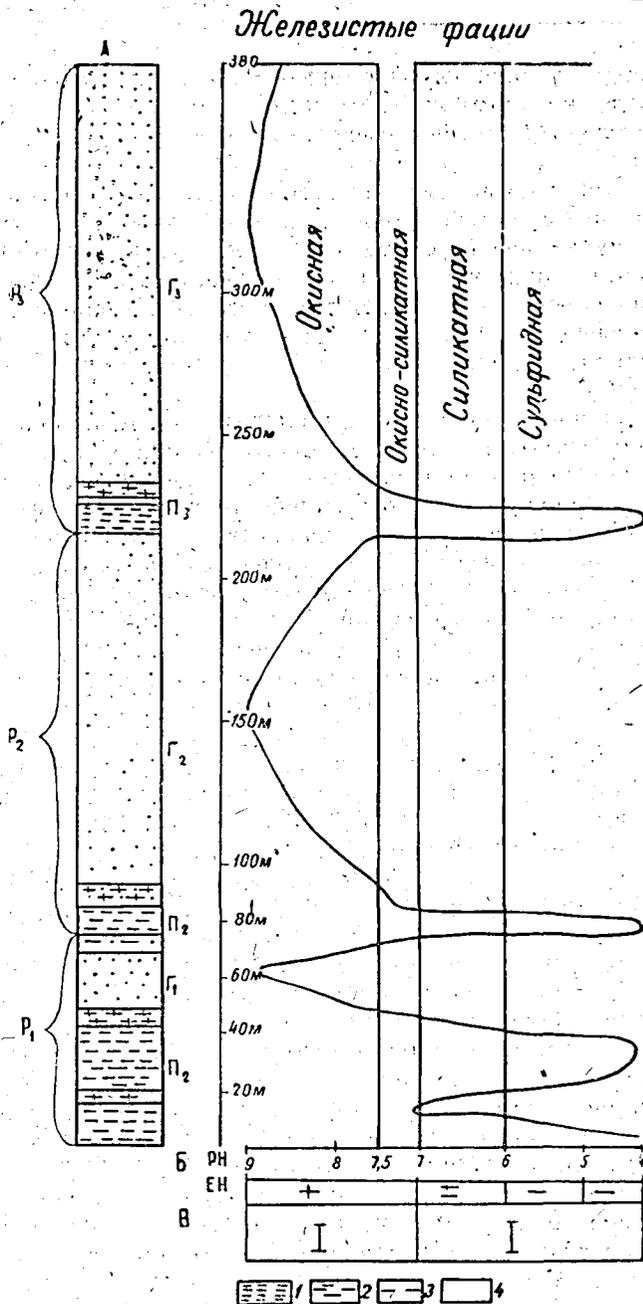


Рис. 2. Зависимость литологического состава железисто-кремнистой формации от физико-химических, физико-географических и тектонических условий осадконакопления.

- А. Литолого-стратиграфическая колонка.
 1. Графитистые пиритовые кварцево-биотитовые сланцы.
 2. Амфиболовые кварциты. 3. Магнетито-амфиболовые кварциты.
 4. Амфиболо-магнетитовые кварциты.
 P₁, P₂, P₃ — первый, второй, третий ритмы осадконакопления;
 П₁, П₂, П₃ — первая, вторая, третья пачки переслаивания сланцев;
 Г₁, Г₂, Г₃ — первый, второй, третий рудные горизонты.
 Б. Физико-химические условия осадконакопления (рН; ЕН)
 В. Физико-географическая обстановка осадконакопления.
 I — открытый морской бассейн; II — полузамкнутый морской бассейн

текало в более глубоководных условиях в периоды общего погружения, когда полузамкнутые бассейны становились открытыми и восстановительные условия сменялись окислительной обстановкой открытого моря.

Необходимо отметить, что образование сульфидной фации возможно также и в условиях открытого моря в непосредственной близости от вулканического очага. В этом случае формирование железистых фаций синхронно, но пространственно разъединено. Вблизи вулканического очага, где создаются восстановительные условия, отлагается сульфидная фация. В удалении, в условиях нейтральной и окислительной среды, отлагаются силикатная и окисная железистые фации.

Однако для осадконакопления при вулканическом процессе в условиях открытого моря не характерна приуроченность сульфидных накоплений только лишь к породам, обогащенным углеродистым веществом (7). Вероятнее всего, сульфидная фация Костамукшского месторождения-отлагалась при вулканизме в полузамкнутых бассейнах, осадки которых были богаты органическим веществом.

Неоднократное повторение осадочных ритмов в разрезе железисто-кремнистой формации, вероятно, связано с тектонической жизнью бассейна. На рис. 2 схематически показана зависимость литологического состава железисто-кремнистой формации от физико-химических, физико-географических и тектонических условий осадконакопления.

Таким образом, в истории формирования железисто-кремнистой формации выделяются три крупных ритма осадочных пород, сформированные в три тектонических ритма. Каждый ритм состоит из периода поднятия и погружения.

В периоды погружений, в значительном удалении от вулканического очага, в окисной обстановке формировались окисная, окисно-силикатная и силикатная железистые фации.

В периоды поднятий в полузамкнутых относительно мелководных бассейнах с сероводородным заражением формировалась сульфидная фация железистых пород.

Учитывая мощности пород и меньшую скорость отложения химических осадков по сравнению с кластическим материалом (графитистые кварцево-биотитовые пиритовые сланцы), можно заключить, что периоды погружения были значительно длительнее по времени, чем периоды поднятий.

Это в свою очередь согласуется с представлением о формировании «железорудной формации» Карелии в начальные этапы прогибания Карельской геосинклинали, в центральной ее части, когда основной тенденцией развития было погружение.

В окраинных структурно-фациальных зонах Карельской геосинклинали, где образование полузамкнутых бассейнов с сероводородным заражением в береговой зоне было наиболее благоприятным и их существование более длительным, шло формирование мощных осадочно-вулканических толщ (парандовская серия), с которыми ассоциирует крупная «колчеданная» (сульфидная) формация с промышленными залежами пирротино-пиритовых руд (Парандово, Яланваара).

Проведенный выше анализ строения и условий осадконакопления железисто-кремнистой формации Костамукшского месторождения отчетливо устанавливает парагенетическую связь между железными рудами и сульфидными накоплениями, которые развиты преимущественно в окраинных структурно-фациальных зонах. Эта парагенети-

ческая связь несомненно отражает общность источника их происхождения — вулканическую деятельность Карельской геосинклинали в начальный этап ее прогибания, когда наряду с накоплением мощных толщ вулканического материала в осадках концентрировались продукты фумарольной деятельности, обогащенные железом и серой.

Отдел региональной
геологии Карельского
филиала АН СССР

Поступила в редакцию
15/II 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. Гурвич П. А., Эвенчик С. И. и др. Отчет о геолого-разведочных работах, проведенных на Костамукшском железорудном месторождении района Калевалы Карельской АССР в 1950—1953 гг. Фонды СЗГУ, Л.
2. Кратц К. О. К расчленению и терминологии протерозоя Карелии. «Изв. Карельского и Кольского филиалов АН СССР», 1958, № 2.
3. Кратц К. О., Чернов В. М. Стратиграфия протерозоя Гимольского и Костамукшского железорудных районов (западная Карелия). В печати.
4. Перевозчикова В. А. Геология протерозоя Карелии. В сб.: «Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Запада СССР», Л., Госгеолтехиздат, 1957.
5. Пустовалов А. В. Петрография осадочных пород. Т. I. Госгеолтехиздат, 1940.
6. Семенов Н. П., Половко Н. И., Жуков Г. В., Ладиева В. Д., Макухина А. А. Петрография железисто-кремнистых формаций Украинской ССР. «Изв. АН УССР», Киев, 1956.
7. Страхов Н. М., Залмансон Э. С. Распределение аутогенно-минералогических форм железа в осадочных породах и его значение для литологии. «Изв. АН СССР», серия геол., № 1, 1955.
8. Теодорович Г. И. Осадочные минерало-геохимические фации. В сб.: «Вопросы минералогии осадочных образований», кн. 3—4, Львов, 1956.
9. Шатский Н. С. О марганцевых формациях. «Изв. АН СССР», серия геол., № 4, 1954.
10. Яницкий А. Л. Об условиях образования оолитовых железных руд. В кн.: «Труды объединенной Кустанайской научной сессии», т. 2, Алма-Ата, 1958.
11. James H. Iron formation and associated rocks in the iron River district Michigan. Bull. Geol. soc. America, 1951, vol. 62.
12. James H. Sedimentary facies of iron formation. Economic geol., 1954, vol. 49, № 3.
13. Krumbein W. C. and Garrels R. W. Origin and classification of Chemical Sediments of PH and oxidation — reduction potentials. J. geol. 1952, vol. 60, № 1.