



УДК 553.068.36

## РУДОКОНТРОЛИРУЮЩИЕ ФАКТОРЫ, ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ И СТЕПЕНЬ ИЗМЕНЧИВОСТИ ОРУДЕНЕНИЯ КОВДОРСКОГО АПАТИТ-ФРАНКОЛИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**В.А. Дунаев, Е.Б. Яницкий**

ОАО «ВИОГЕМ», Россия, 308007, г. Белгород, пр. Б. Хмельницкого, 86

E-mail: yanez@geomix.ru

Установлено влияние структурного и литологического факторов на морфологию и внутреннее строение рудной залежи, выявлены особенности изменения с глубиной и по простиранию залежи её мощности и среднего содержания в рудах  $P_2O_5$ , дана оценка изменчивости (сложности) строения месторождения, на основе которой сделан вывод о достаточной степени его разведанности.

Ключевые слова: карбонатиты, кора выветривания, апатит-франколитовые руды, месторождение, изменчивость, степень разведанности.

Ковдорское апатит-франколитовое месторождение находится в Мурманской области. Оно расположено вблизи западного контакта Ковдорского массива ультраосновных и щелочных пород девонского возраста, который прорывает толщу метаморфических пород, преимущественно гнейсов, верхнего архея. В экзоконтакте массива по гнейсам сформировался ореол фенитов. С этим массивом генетически связан рудно-карбонатитовый узел, представленный Ковдорским апатит-магнетитовым месторождением и спиралевидной в плане зоной карбонатитов [1]. К южному кольцевому фрагменту указанной зоны и приурочено апатит-франколитовое месторождение, разведанное в 1973–1977 годах. Оно залегает в мел-палеогеновой коре выветривания карбонатитов и вмещающих их фенитов, фенитизированных гнейсов. Его северо-восточный фланг подработан карьером рудника «Железный» ОАО «Ковдорский ГОК», эксплуатирующим с 1964 г. апатит-магнетитовое месторождение с получением апатитового, магнетитового и бадделеитового концентратов. В настоящее время апатит-франколитовое месторождение готовится к промышленному освоению Ковдорским ГОКом, чем и определяется актуальность данной статьи. Она подготовлена по результатам анализа материалов разведки месторождения и непосредственного изучения его северо-восточной части в уступах карьера рудника «Железный».

Внешний диаметр рудоконтролирующего карбонатитового кольца примерно 1.8 км, ширина около 0.6 км. Только в северо-восточном секторе кольца протяженностью 1 км, ширина его резко уменьшается до 60–100 м. Падение карбонатитовых тел в пределах кольца центриклинальное под углом 55–80°. Северо-восточный сектор кольца представлен разобщенными дайками карбонатитов мощностью до 10, редко 20–50 м. На остальной его части преобладает сочетание типичных даек карбонатитов мощностью 5–50 м и крупных мощностью 100–350 м дайковидных тел сложной формы. Внутри встречаются включения фенитов, в том числе в виде пластиновидных ксенолитов мощностью 5–10, редко до 30 м. Часто они пронизаны густой сетью карбонатитовых прожилков. Подобные образования получили название карбонатитовых штокверков. Эндоконтактовые части карбонатитовых тел обогащены ксенолитами фенитов, реже представлены карбонатитовыми штокверками. Для крупных карбонатитовых тел южной и восточной частей кольца характерно полосовидное чередование в разрезе карбонатитов, карбонатитовых штокверков и фенитов. Мощность полос составляет 5–20 м, а карбонатитовых – до 35–50 м.

Форма залежи апатит-франколитовых руд в плане неполнокольцевая, близкая к подковообразной, что обусловлено отсутствием промышленного апатит-франколитового оруденения в северо-восточной части карбонатитового кольца, представленной маломощной карбонатитовой зоной. Залежь протягивается по окружности кольца на 3.4 км. Ширина её очень изменчива – от 20 до 280 м. Конфигурация залежи сложная, характеризуется наличием выступов, апофиз, пережимов или раздувов, расщеплением на ряд маломощных рукавов. Внутри залежи наблюдаются вытянутые по её простиранию многочисленные включения выветрелых и франколитизированных фенитов (рис. 1, 2).

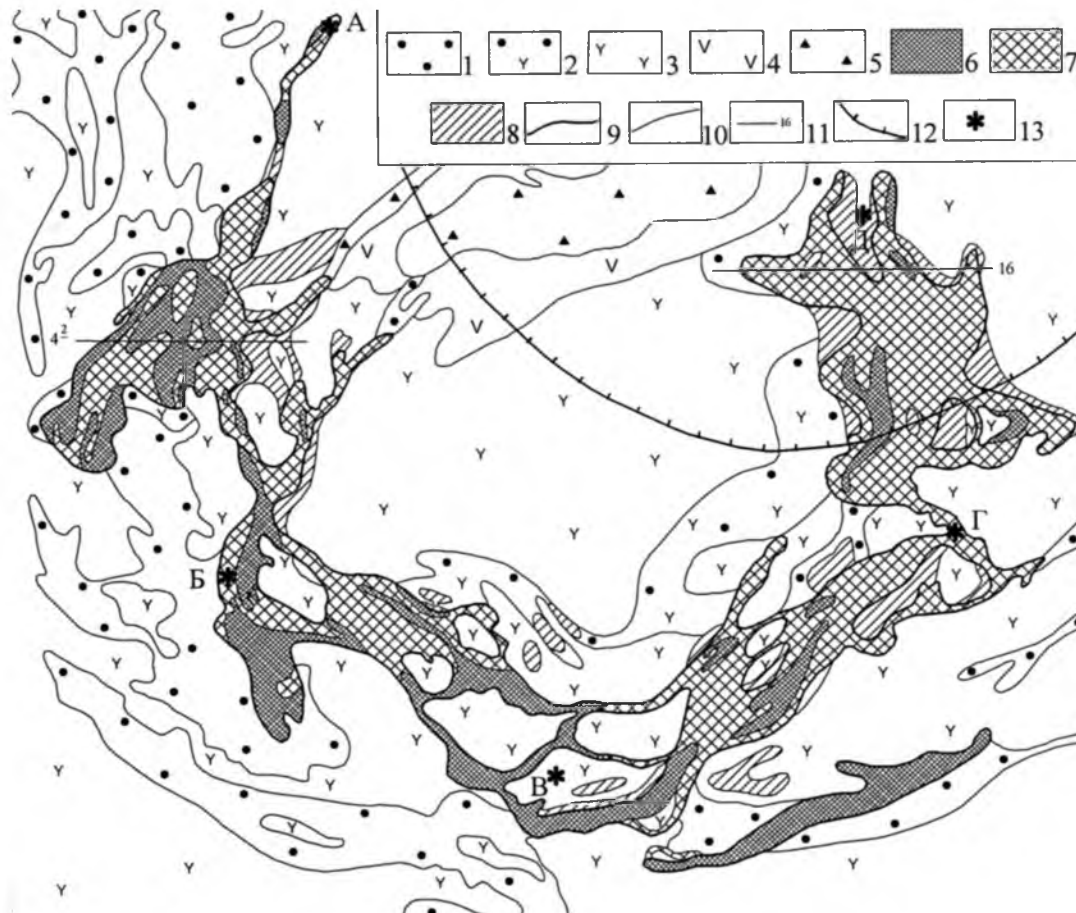


Рис. 1. Геологическая карта Ковдорского апатит-франколитового месторождения.

По Б.И. Сулимову [1977] с разрядкой и дополнениями авторов:

- 1 – карбонатиты; 2 – карбонатиты, насыщенные ксенолитами фенитов и фенитизированных гнейсов; 3 – фениты и фенитизированные гнейсы; 4 – ийолиты; 5 – апатит-форстерит-магнетитовые и маложелезистые апатит-форстеритовые руды; 6-8 – апатит-франколитовые руды; 6 – богатые, 7 – рядовые, 8 – убогие; 9 – контур залежи апатит-франколитовых руд; 10 – граница между различными типами пород и руд; 11 – линии геологических разрезов и их номера; 12 – граница карьера рудника «Железный»; 13 – опорные точки ломаной линии, по которой построена вертикальная проекция рудной залежи на рис. 5

Фрагменты рудной залежи, контролируемые дайками карбонатитов, представлены крутопадающими пластообразными телами. В крупных телах карбонатитов залежь приобретает желобо- или клинообразную форму. Глубина залегания её подошвы на различных участках месторождения колеблется от 20 до 200 м. Залежь подстилается зоной (мощностью 5–25 м) дезинтегрированных карбонатитов – пропитанных гидроксидами железа, с пустотами выщелачивания, легко раскалывающихся при слабом ударе. В них встречаются ядра свежих карбонатитов. Граница между рудами и дезинтегрированными карбонатитами резкая, извилистая.

Описанные выше черты морфологии рудной залежи обусловлены совокупным влиянием литологического и структурного факторов. Влияние литологического фактора выражено приуроченностью промышленного апатит-франколитового оруденения к телам карбонатитов, контакты которых с вмещающими силикатными породами часто являются границами рудной залежи. Вместе с тем, апатит-франколитовое оруденение в пределах спиралевидной карбонатитовой зоны проявлено только в её южном кольцевом фрагменте. При этом оно развивается не по всей площади кольца, а контуры залежи апатит-франколитовых руд далеко не всегда совпадают с границами тел карбонатитов. В неполнокольцевой конфигурации апатит-франколитовой залежи отчетливо проявлены прямолинейные элементы северо-восточного и северо-западного простираний, которые создают ломаный в плане контур залежи и контролируют её апофизы.

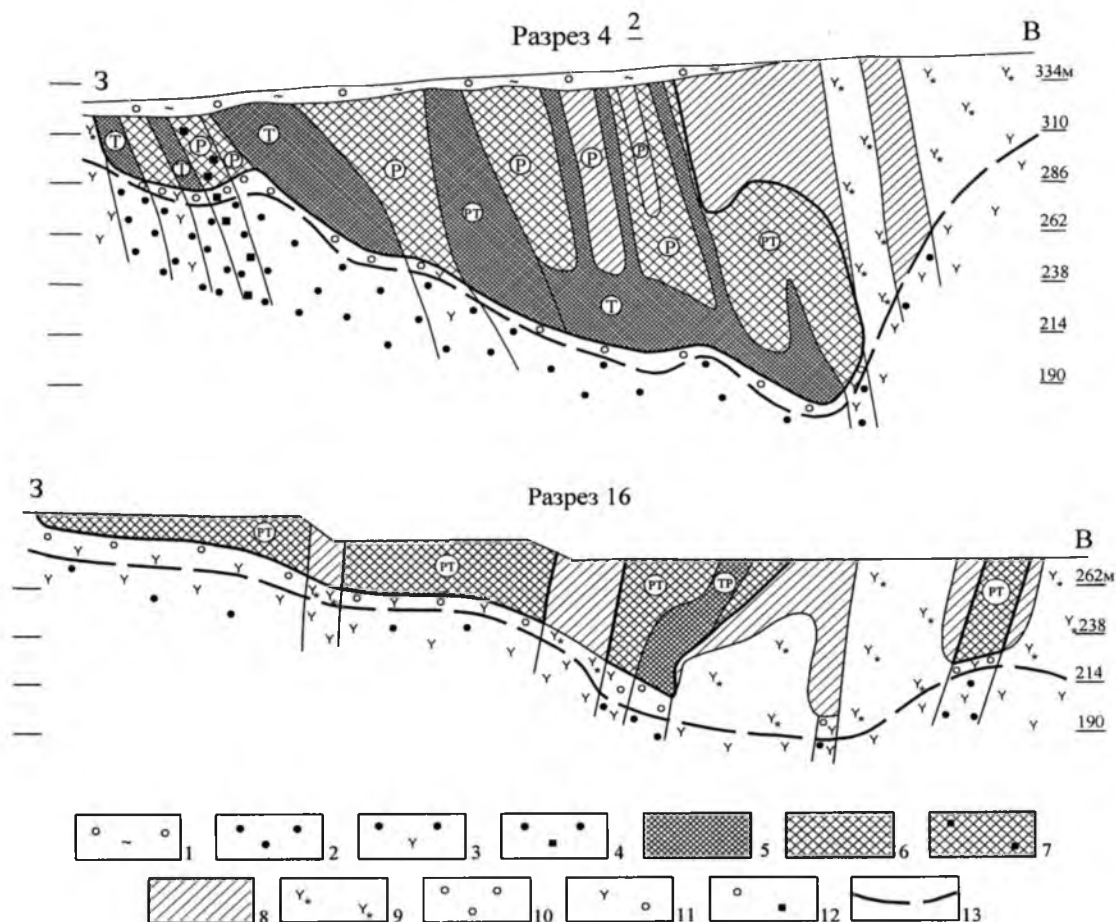


Рис. 2. Геологические разрезы Ковдорского апатит-франколитового месторождения (положение линий разрезов см. на рис. 1):

1 – четвертичные отложения; 2 – карбонатиты; 3 – карбонатиты, насыщенные ксенолитами фенитов; 4 – кальцит-магнетитовые руды; 5 – апатит-франколитовые руды (богатые); 6-7 – бедные и рядовые апатит-франколит-гидрослюдистые (6) и франколит-магнетитовые (7) руды; 8 – франколитизированные фениты, 9 – выветрелые франколитсодержащие фениты ( $P_2O_5$  – до 2%); 10-12 – продукты гипергенной дезинтеграции: 10 – карбонатитов, 11 – карбонатитов, насыщенных ксенолитами фенитов и фенитизированных гнейсов, 12 – кальцит-магнетитовых руд; 13 – граница коры выветривания. Физико-механическое состояние фосфатных руд обозначено индексами: Т – твердые (каменистые), иногда с включениями рыхлых; Р – рыхлые, иногда с включениями твердых; ТР – твердые, перемежающиеся с рыхлыми; РТ – рыхлые, перемежающиеся с твердыми

Внутреннее строение рудной залежи определяется характером размещения в ней продуктивных образований коры выветривания, которые по уровню концентрации фосфатов подразделяются на руды кондиционные ( $P_2O_5 > 6\%$ ) и убогие ( $P_2O_5$  2–6%). Они имеют примерно одинаковый минеральный состав и отличаются только количественным соотношением минералов. Остаточные минералы представлены главным образом апатитом, магнетитом, бадделитом и силикатами (форстеритом, пироксеном и другими). Основные гипергенные минералы – франколит, гидрофлогопит и вермикулит, гидроксиды железа (гётит); второстепенные – сунгулит, гидрохлорит, монтмориллонит, гидроксиды марганца. Кондиционные руды по содержанию в них фосфатов подразделяются на богатые ( $P_2O_5 > 18\%$ ) и бедные ( $P_2O_5$  6–18%). Преобладают бедные руды, доля которых составляет 66% общих запасов месторождения. Среднее содержание  $P_2O_5$  в богатых рудах 25%, в бедных – 10.6%. Богатые руды представлены апатит-франколитовым минеральным типом, бедные – преимущественно апатит-франколит-гидрослюдистым, редко франколит-apatит-магнетитовым.

Апатит-франколитовые руды обычно плотные, серой или буровато-серой окраски, состоят главным образом из апатита и франколита. Среди них выделяют брекчиевидные и небрекчиевидные разновидности. Брекчиевидные руды встречаются чаще всего на верхних горизонтах, во внутренних частях рудной залежи, где они образуют тела сложной жиллообразной формы, без четких границ, в целом согласные с залеганием рудовмещающих карбонатитов [2]. В



брекчиевидных рудах зёрна минералов карбонатитов и вмещающих их фенитов, а также обломки этих пород размером до нескольких дециметров в поперечнике, цементируются франколитом. Образование таких руд обусловлено возникновением по зонам интенсивной трещиноватости в карбонатитах щелевидных карстовых полостей, заполнением их обломочным материалом (оставшимся после растворения кальцитовой матрицы карбонатитов и привнесённым сверху в процессе инфлюации) и последующей его цементацией инфльтрационным франколитом. Небрекчиевидные руды обычно контактируют непосредственно с карбонатитами. Они светлоокрашенные, наследуют текстурные особенности исходных карбонатитов (полосчатость, пятнистость), но при этом обладают повышенной пористостью и кавернозностью. По минеральному составу такие руды близки к брекчиевидным, отличаясь лишь более выраженным преобладанием франколита над апатитом.

Апатит-франколит-гидрослюдистые руды преимущественно рыхлые или слабосцементированные. По внешнему виду представляют собой сыпучую тонко- и мелкозернистую, иногда глиноподобную массу серовато-желтого, темно- или зеленовато-бурого цвета. В составе руд доминирует гидрофлогопит, который вместе с вермикулитом, иногда сунгулитом, составляет 50–60% массы. Соотношение апатита и франколита в рудах изменчиво, но в целом преобладает франколит, цементирующий зёрна апатита и силикатов. Среди этих руд наблюдаются участки (мощностью от нескольких дециметров до нескольких метров) плотных апатит-франколитовых руд, а также включения изменённых фенитов.

Франколит-apatит-магнетитовые руды встречаются редко. Их субстратом были обособления в карбонатитах кальцит-магнетитовых руд с форстеритом и флогопитом. Текстура руд кавернозная, ячеистая и губчатая, обусловленная наличием многочисленных пустот выщелачивания кальцита. Сохранившаяся от выщелачивания часть кальцита была замещена франколитом. На стенках пустот и трещин наблюдаются корочки франколита. Из фосфатов в рудах явно преобладает апатит (20–30%). Содержание в них франколита не превышает 10%. Обычно наблюдается перемежаемость рыхлых и плотных разновидностей руд.

Убогие руды развиваются преимущественно по выветрелым фенитам, вмещающим карбонатитовые тела или образующим внутри них крупные ксенолиты. Текстура руд прожилково-сетчатая, участками брекчиевидная. Они сформировались путем заполнения франколитом трещин гипергенной дезинтеграции в массиве фенитов. Размер ячейки сети таких трещин колеблется от нескольких сантиметров до нескольких дециметров. Мощность франколитовых прожилков 0.1–0.3 см. По физическому состоянию описываемые руды обычно плотные. Они окаймляют рудную залежь на отдельных участках месторождения в виде зон мощностью 5–25 м (по интенсивно карбонатизированным фенитам – до 50 м) и образуют многочисленные включения внутри залежи, которые составляют не менее 20% её объёма. В выветрелых фенитах, окружающих рудную залежь и убогие руды, содержание  $P_2O_5$  достигает 2% за счёт развития в них тонких прожилков франколита. Среднее содержание  $P_2O_5$  а незатронутых выветриванием фенитах 0.32% [3].

По условиям и механизму образования, форме выделений, структурно-текстурным особенностям агрегатов выделяют три основные генерации франколита. Первая из них образовалась путем метасоматического замещения кальцита и апатита карбонатитов, а также зёрен апатита в составе обломочного материала, представляющего собой продукт гипергенной дезинтеграции либо инфлюации. Метасоматический франколит преобладает в составе богатых плотных небрекчиевидных руд и является существенной частью франколитизированных кальцит-магнетитовых руд. В виде кайм и псевдоморфоз по апатиту он встречается и в других типах руд. Вторая генерация франколита – продукт кристаллизации осадка, выпавшего из истинных фосфоросодержащих растворов. Она образована мелкозернистым агрегатом игольчатых кристаллов, иногда в виде радиально-лучистых сростаний и сферолитов. Ею представлен франколит бедных франколит-apatит-гидрослюдистых руд и основная масса цемента богатых брекчиевидных апатит-франколитовых руд. Третья генерация франколита выстилает в виде корочек мощностью 1–3 мм стенки пустот в плотных богатых апатит-франколитовых рудах, а также пустот и трещин в франколитизированных кальцит-магнетитовых рудах и фенитах. Поверхность корочек гладкая, бугорчатая (почковидная). Структура слагающего корочки франколитового агрегата метаколлоидная, что свидетельствует об образовании его из коллоидных растворов с последующей раскристаллизацией продуктов их коагуляции.

Закономерности размещения различных типов руд внутри залежи обусловлены главным образом литологическим фактором. По карбонатитам развивались преимущественно плотные богатые руды, по карбонатитовым штокверкам – бедные, как правило, рыхлые руды, по магнетитовым рудам в телах карбонатитов – рыхлые и плотные бедные франколит-apatит-магнетитовые руды, а по фенитам – убогие, преимущественно плотные руды. Согласно чередованию в разрезе субстратного массива пород собственно карбонатитов, карбонатитовых што-



кверков, магнетитовых руд и фенитов в разрезе рудной залежи также преобладает аналогичное чередование соответствующих типов руд. Границы между различными типами руд, в том числе по их физическому состоянию, нечёткие и сильно изменчивые по простиранию и падению залежи. Выполненная по данным разведки геометризация на разрезах типов руд (см. рис. 1, 2) отражает лишь самые общие их особенности размещения.

Влияние структурного фактора на внутреннее строение рудной залежи проявлено в том, что иногда по одним и тем же породам развиты различные по концентрации  $P_2O_5$  типы руд; например, по карбонатитам богатые и рядовые, а по фенитам – от слабо франколитизированных их разновидностей ( $P_2O_5 < 2\%$ ) до убогих руд ( $P_2O_5$  2–6%). Это обусловлено тем, что интенсивность процессов выщелачивания литологически однородного субстрата с накоплением в нем остаточного апатита и франколитизация за счет инфильтрации фосфоросодержащих растворов прямо зависят от водопроницаемости этого субстрата, которая определяется интенсивностью его трещиноватости.

На рисунке 3 приведены кривые изменения с глубиной по 12-метровым эксплуатационным слоям запасов кондиционных апатит-франколитовых руд и среднего содержания в них  $P_2O_5$ ,  $Fe_{общ.}$ ,  $ZrO_2$ ,  $CO_2$ . Значения показателей отнесены к подошве эксплуатационного слоя. Нагорная часть месторождения выше абсолютной отметки +274м не учитывалась, чтобы избежать искажений, обусловленных его эродированностью. Ниже этой отметки запасы руд закономерно убывают. С глубиной среднее содержание  $P_2O_5$ ,  $Fe_{общ.}$  и  $ZrO_2$  волнообразно изменяется с незначительным уменьшением по линии тренда ( $P_2O_5$  от 15.24 до 13.95%,  $Fe_{общ.}$  от 8.75 до 6.62%,  $ZrO_2$  от 0.06 до 0.05%), а  $CO_2$  остается практически на одном уровне (1.7–1.9%). Характер изменения с глубиной среднего содержания в рудах  $P_2O_5$ ,  $Fe_{общ.}$ ,  $ZrO_2$  и  $CO_2$  свидетельствует об отсутствии на месторождении сколько-нибудь выраженной вертикальной зональности фосфатного оруденения. Сокращение с глубиной запасов руд обусловлено уменьшением в этом направлении площади рудной залежи в связи с желобо- и клинообразной формой ее подошвы.

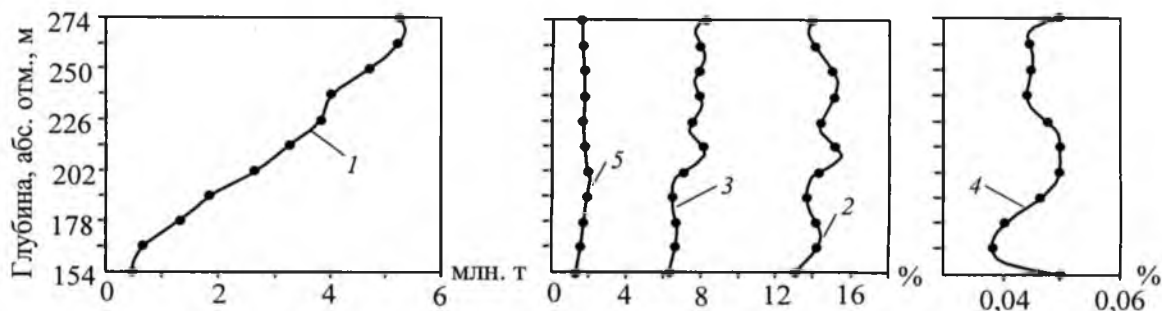


Рис. 3. Кривые изменения с глубиной запасов апатит-франколитовых руд (1) и среднего содержания в них  $P_2O_5$  (2),  $Fe_{общ.}$  (3),  $ZrO_2$  (4),  $CO_2$  (5)

Вариационный ряд содержаний  $P_2O_5$  в кондиционных апатит-франколитовых рудах (рис. 4) является плосковершинным, имеет два максимума. Плосковершинность обусловлена примерно одинаковой частотой классов в широком (8–32%) диапазоне содержаний  $P_2O_5$ . Наличие двух максимумов связано с неоднородностью данной совокупности. В ней присутствуют значения содержаний  $P_2O_5$  в бедных рыхлых (слабосцементированных) рудах, которым соответствует максимум 6–8%, и в богатых плотных рудах с максимумом 26–28%.

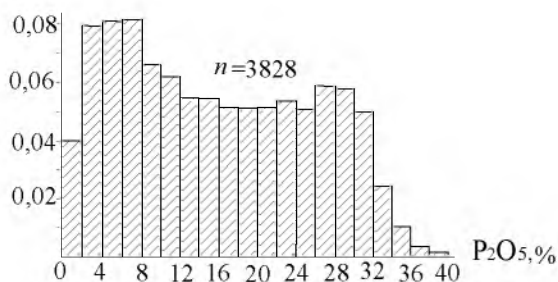


Рис. 4. Гистограмма частоты содержаний  $P_2O_5$  в апатит-франколитовых рудах

Характер изменения мощности и качества руд по простиранию залежи и с глубиной отражен на её вертикальных проекциях в изолиниях значений указанных параметров оруденения (рис. 5). Для построения этих проекций по всем разведочным сечениям (профилям) через 12 м (проектная высота уступов карьера) определялась горизонтальная мощность балансовых

руд, а по каждому 12-метровому эксплуатационному слою рассчитывалось среднее содержание  $P_2O_5$ , значение которого относилось к подошве слоя.

С глубиной мощность рудной залежи закономерно убывает, но с разной степенью интенсивности по простиранию залежи (от одного разведочного сечения к другому). При этом средняя ее мощность в разведочных сечениях характеризуется периодической изменчивостью, обусловленной чередованием участков уплощенно-воронкообразного расширения залежи по направлению к земной поверхности с участками существенного уменьшения ее мощности. Длина полупериода колебаний средней мощности залежи (400–700 м), а амплитуда (50–100 м; отн. средней мощности по всем разведочным сечениям 85 м). По линии тренда фиксируется тенденция к некоторому увеличению средней мощности залежи в направлении от точки А к точке Д (см. рис. 5а).

Анализ распределения  $P_2O_5$  на вертикальной проекции рудной залежи (см. рис. 5б) подтверждает сделанный выше вывод об отсутствии вертикальной зональности фосфатной минерализации. Только в единичных профилях наблюдается направленное увеличение или уменьшение содержания  $P_2O_5$  с глубиной, но преобладающим является незакономерное его колебание по вертикали.

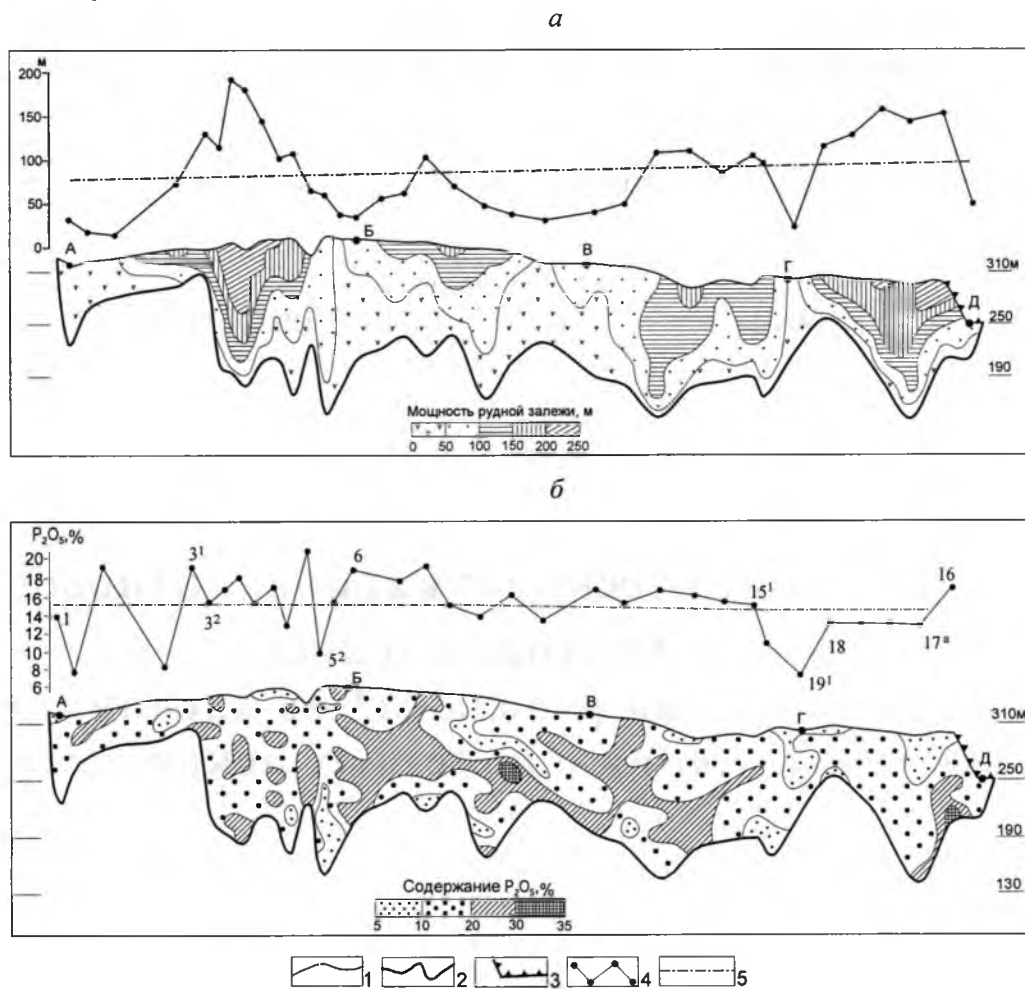


Рис. 5. Распределение мощности апатит-франколитовых руд (а) и среднего содержания в них  $P_2O_5$  (б) на вертикальной проекции рудной залежи (соотношение горизонтального и вертикального масштабов 1:3); А, Б, В, Г, Д – опорные точки ломаной линии, по которой построена проекция (позиция точек в плане показана на рис. 1)

1 – земная поверхность; 2 – подошва рудной залежи; 3 – граница карьера рудника «Железный» по состоянию на 1973г.; 4 – графики изменения средней мощности руд и среднего содержания в них  $P_2O_5$  по простиранию залежи (цифрой рядом с точкой указан номер разведочного профиля); 5 – линия тренда

По простиранию залежи от северо-западного ее фланга к северо-восточному в поведении среднего содержания  $P_2O_5$  наблюдается следующая картина. Первый интервал (профили 1-3<sup>1</sup>) протяженностью 460м характеризуется в целом низким содержанием  $P_2O_5$  (14,14%) и значи-



тельными его колебаниями. Отклонение от среднего его значения по участку в различных профилях составляет в среднем 4.87%. На втором интервале (профили 3<sup>2</sup>-15<sup>1</sup>) длиной 1650 м наблюдается относительно устойчивое высокое содержание  $P_2O_5$ . Отклонение от среднего его значения по участку (16.74%), составляет в среднем 1.77%. Исключением является незначительный по длине интервал в районе профиля 5<sup>2</sup> с резким пережимом мощности залежи и уменьшением среднего содержания  $P_2O_5$  до 10.07%. Третий интервал (профили 19-16) протяженностью 720 м характеризуется существенно более низким по сравнению с предыдущим участком средним содержанием  $P_2O_5$  (13.09%). При этом на границе этих двух интервалов (профиль 19<sup>1</sup>) в месте пережима рудной залежи оно падает до 7.67%, далее между профилями 18 и 17<sup>а</sup> держится практически на одном уровне (13.7%), а затем возрастает до 18.45%.

В целом интервалы уменьшения содержания  $P_2O_5$  по простиранию залежи соответствуют местам резкого сокращения ее мощности, нередко сопровождающимся существенным уменьшением глубины залегания подошвы залежи. Эта однозначно указывает на приуроченность таких интервалов к тем участкам рудоуправляющей зоны, которые характеризуются уменьшением ее мощности и интенсивности трещиноватости, а, соответственно, степени проницаемости для нисходящих рудогенерирующих подземных вод.

В соответствии с «Методическими рекомендациями...» [4] дана оценка степени изменчивости (сложности) строения рассматриваемого месторождения по следующим количественным показателям: коэффициенту рудоносности ( $K_p$ ), показателю сложности ( $q$ ) и коэффициентам вариации мощности рудных пересечений ( $V_m$ ) и содержания в них  $P_2O_5$  ( $V_c$ ). Все показатели рассчитывались как отдельно по участкам, отличающимися друг от друга особенностями залегания, морфологии и внутреннего строения рудной залежи (см. рис.1), так и по месторождению в целом (таблица).

Таблица

**Показатели изменчивости (сложности) строения Ковдорского апатит-франколитового месторождения**

Участки месторождения	$K_p$	$q$	$V_m, \%$	$V_c, \%$
Западный (А-Б)	0.93	0.73	74.9	57.0
Юго-Западный (Б-В)	0.84	0.64	68.8	69.6
Юго-Восточный (В-Г)	0.96	0.64	56.1	58.5
Восточный (Г-Д)	0.78	0.62	70.7	69.2
Месторождение в целом	0.88	0.66	67.6	63.6

Расчет коэффициента рудоносности выполнен статистическим способом как отношение суммы длин интервалов кондиционных руд по разведочным скважинам к общей длине скважин в контурах подсчетных блоков. Показатель сложности определялся как отношение числа рудных пересечений к сумме всех разведочных пересечений (рудных, безрудных внутриконтурных и законтурных, обрисовывающих общую границу залежи). Коэффициенты вариации вычислялись общепринятым способом.

При некотором различии значений показателей изменчивости фосфатного оруденения по отдельным участкам месторождения, каждый из них, как и месторождение в целом, относится ко 2-й группе сложности по критериям ГКЗ Роснедра:  $K_p=0.7-0.9$ ;  $q=0.6-0.8$ ;  $V_m=40-100$ ;  $V_c=40-100$  [4]. Применительно к таким месторождениям рекомендуемая указанным документом плотность сети разведочных скважин для оценки запасов по категории В составляет 75-150 м между профилями и 50-75 м между скважинами в профилях, а для категории С<sub>1</sub> соответственно 150-300 м и 75-100 м. Фактически разведка месторождения выполнена по сети 50×25 м по категории В (участок между профилями 3 и 6) и 100×25 м по категории С<sub>1</sub> (остальная часть рудной залежи). Отсюда следует, что особенности геологического строения и запасы фосфатных руд месторождения установлены с достоверностью, достаточной для проектирования его промышленного освоения.

Учитывая сложное чередование внутри залежи различных по минеральному составу, физическому состоянию и содержанию  $P_2O_5$  фосфатных руд, в процессе отработки месторождения необходимо проведение эксплуатационной разведки и опробования шлама взрывных скважин, что обеспечит надежную информационную основу для эффективного текущего и оперативного планирования добычи и обогащения фосфатного сырья.

### Выводы

1. Позиция, форма и строение залежи апатит-франколитовых руд Ковдорского месторождения обусловлены влиянием структурного и литологического факторов. Структурный фактор проявился в приуроченности залежи к наложенной на карбонатитовое кольцо зоне линейной трещиноватости, отдельные фрагменты которой имеют северо-восточное и северо-



западное простирание. Он определил границы рудной залежи внутри крупных карбонатитовых тел и сложную геометрию ее подошвы, а также формирование по литологически однородному субстрату различных по содержанию фосфора руд. Литологический фактор обусловил образование апатит-франколитовых руд по карбонатитам, апатит-франколит-гидрослюдистых руд по карбонатитовым штокверкам, франколит-apatит-магнетитовых по кальцит-магнетитовым рудам в карбонатитах, франколитовых прожилково-сетчатых по фенитам.

2. С глубиной мощность залежи и запасы фосфатных руд закономерно уменьшаются, а среднее содержание в них  $P_2O_5$  изменяется волнообразно с незначительным снижением по линии тренда.

3. По простиранию залежи средняя мощность руд в разведочных сечениях характеризуется периодической изменчивостью, обусловленной чередованием раздувов залежи с ее пережимами. Фланги залежи по сравнению с её остальной частью представлены в среднем более бедным и изменчивым по содержанию  $P_2O_5$  фосфатным оруденением.

4. Оцененная по комплексу параметров (коэффициенту рудоносности, показателю сложности, коэффициентам вариации мощности рудных пересечений и содержания в них  $P_2O_5$ ) степень изменчивости (сложности) строения рассматриваемого месторождения соответствует 2-й группе на классификации ГКЗ Роснедра. Оно разведано с достоверностью, достаточной для проектирования добычи и переработки фосфатных руд. В проекте необходимо предусмотреть эксплуатационную разведку и опробование шлама взрывных скважин.

### Список литературы

1. Дунаев В.А. Рудно-карбонатитовые узлы Ковдорского массива ультраосновных щелочных пород // Изв. вузов. Геология и разведка. – 1982. – № 10. – С.83–86.
2. Краснова Н.И. Геология, минералогия и вопросы генезиса апатит-франколитовых пород Ковдорского массива // Вещественный состав фосфоритов. – Новосибирск: Недра, 1969. – С. 164–172.
3. Терновой В.И. Карбонатитовые массивы и их полезные ископаемые. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1977. – 168 с.
4. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Фосфатные руды. – М.: ФГУ «ГКЗ», 2007. – 42с.

## ORE-CONTROLLING FACTORS, FEATURES OF DISPOSITION AND DEGREE OF VARIABILITY OF METALLIZATION OF KOVDORSKY APATITE-FRANGOLITE DEPOSIT

**V.A. Dunaev, E.B. Yanitsky**

*OJSC «VIOGEM», 86, B. Khmel'nitskiy,  
308007, Belgorod, Russia*

*E-mail: yanetz@geomix.ru*

The influence of structural and lithologic factors on morphology and an inner structure of the ore-run is established, the peculiarities of the changes with depth and along strike deposits of its thickness and the mean maintenance in the ores of  $P_2O_5$  are revealed, the estimation of variability (complication) of the structure of a deposit is produced, on this basis it is concluded that its degree of exploration is sufficient .

Key words: carbonatites, crust of weathering, apatite-francolite ore, deposit, the variability, the degree of exploration.