

ТЕРМИЧЕСКОЕ И РЕНТГЕНОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛИМОНИТОВ ИЗ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗНЕЦКОГО АЛАТАУ

А. Д. МИКОВ (ТПИ)

При проведении работ на золоторудных месторождениях северной части Кузнецкого Алатау — Центральном, Комсомольском, Берикульском и Натальевском были встречены различные типы лимонитовых образований. Их краткая характеристика и приводится в данной работе.

Лимонит широко развит в зоне окисления всех изученных рудных тел. Он образуется преимущественно в результате замещения пирита и реже халькопирита, арсенопирита и некоторых других минералов. Макроскопически в полевых условиях было выделено 4 разновидности лимонита, причем разделение было основано на форме их залегания, структуре, цвете и т. п. Присутствие большинства подобных разновидностей отмечалось, например, М. Ф. Зениным [3] в зоне окисления месторождений медно-порфировых руд в Казахстане.

Общепринятым [1, 3, 6] является разделение лимонитовых образований на остаточные и перенесенные. Оно принципиально важно и принято автором. В этом плане встреченные в зоне окисления Центрального, Комсомольского, Берикульского и Натальевского месторождений разновидности лимонитов можно разделить на остаточные — псевдоморфный, смоляной и перенесенные — узловатый (корковый) и охристый.

Для наиболее полной характеристики рассматриваемых минералов были произведены химические, термические, полуколичественные спектральные и рентгеноструктурные анализы большинства выделенных разновидностей.

Первая разновидность — псевдоморфный лимонит (псевдоморфоза лимонита по пириту) распространен во всех указанных выше месторождениях, где он замещает отдельные кристаллы пирита или агрегаты их, как непосредственно в жильной массе, так и во вмещающих березитах. Поверхность кристаллов обычно гладкая, часто сохраняется и штриховка на их гранях, присущая пириту. Цвет темно-коричневый и черный. Указанный лимонит характеризуется плотным сложением и высокой твердостью. Микроскопически устанавливается, что он представлен гетитом. Слагается обычно агрегатами зерен различной величины, размером от 0,05 до 2 мм в поперечнике. Очень часто

среди гётита наблюдаются реликты пирита. Часто описываемый гётит ассоциирует с узловатым лимонитом (ж. Тумашевская Центрального месторождения).

Смоляной лимонит распространен лишь в зоне окисления Натальевского месторождения. По мнению М. Ф. Зенина, изучавшего распределение смоляного лимонита в зоне окисления Алмалыка [3], он характерен для тех участков, где процессы окисления и выщелачивания сказались довольно слабо. На Натальевском месторождении он замещает халькопирит по неправильной сети мельчайших трещин или по периферии зерен. Если процессы окисления прошли довольно активно, халькопирит окончательно замещается смоляным лимонитом. Обычно же среди мелких прожилков лимонита сохраняются выделения халькопирита различной крупности. Смоляной лимонит слагает прожилки мощностью до 5 мм и вкрапления диаметром от 0,5 до 10 мм в скарнах. Цвет его черный. Характерно плотное сложение. Важным признаком является смоляной блеск. В полированных шлифах видно, что смоляной лимонит образует псевдоморфозы по халькопириту и представлен гётитом.

По данным термического анализа установлено, что согласно классификации Е. Я. Роде минерал (обр. № 5072) может быть отнесен к классу гётита-лепидокрокита и определен как гидрогётит. Сравнение данных рентгенометрического исследования (табл. 2) смоляного лимонита с эталлонными данными, по В. И. Михееву [5], подтверждает сделанное определение.

Химические анализы большинства описываемых разновидностей лимонитов приводятся в табл. 1. Состав смоляного лимонита в основном не отличается от химического состава других лимонитов. В нем отмечено лишь повышенное содержание меди (0,11%), при содержании ее в других пробах 0,03—0,06%. Результаты химического анализа смоляного лимонита подтверждают данные термического и рентгенометрического анализов и позволяют определить его как гидрогётит (табл. 1). Спектральными анализами в нем установлено повышенное содержание меди и висмута и присутствие цинка, никеля, кобальта, свинца, серебра и ряда других элементов (рис. 4), что согласуется с химическим составом первичных руд.

Узловатый (корковый) лимонит сравнительно широко развит в зоне окисления Центрального и в меньшей степени Комсомольского и Бериккульского месторождений.

По данным А. Локка [11], он образуется за счет халькозина и пирита и относится к группе остаточных лимонитов. М. Ф. Зенин [3] связывает его появление с наличием халькопирита и пирита в первичных рудах, считая его перенесенным (точнее, прилегающим к месту разложения сульфидов). Наши наблюдения подтверждают данные М. Ф. Зенина.

Корковый лимонит слагает типичные бурые железняки на выходах ряда жил или образует прожилки и выполняет пустотки в кварце. Толщина прожилков, корок достигает 5 мм. Цвет серовато-бурый. Сложение плотное. Полевое определение минерала — гётит.

В зоне окисления жил Комсомольского месторождения кроме серовато-бурого узловатого лимонита развиты аналогичные выделения буровато-красного лимонита (обр. 1048). На месторождении он определяется как гидрогематит. Под микроскопом от вышеуказанных разновидностей он отличается наличием красноватых внутренних рефлексов вместо желтовато-бурых и бурых, характерных для гётита. Часто корковый лимонит присутствует совместно с псевдоморфным, что свидетельствует о незначительном переносе лимонитового материала. Поэтому

му отнесение узловатого (коркового) лимонита к группе перенесенных лимонитов является до некоторой степени условным.

Термические (рис. 1, б, в) и рентгенометрические (табл. 2) определения двух образцов (№ 0613, 1693) коркового лимонита позволяют диагностировать их как гетит-гидрогетит, что подтверждается данными и химического анализа (табл. 1). Третий образец (№ 1048) по данным химического анализа также определяется как гидрогетит. Результаты термического определения последнего интерпретируются [8] как смесь 80% гематита и 20% гетита, что хорошо подтверждается и данными рентгенометрического исследования. На рентгенограмме отмечаются яркие пики гематита и слабые пики, принадлежащие гетиту (табл. 2).

Спектральный анализ (рис. 4) установил в первых двух лимонитах (№ 0613 и 1693) наличие обычного комплекса элементов — меди, цинка, свинца, никеля, кобальта и других. В третьей же пробе (обр. № 1048) целый ряд их отсутствует (медь, никель, кобальт), что согласуется с характером первичной минерализации.

Охристый лимонит пользуется широким распространением во всех изученных месторождениях. Он обычно выполняет трещины и пустоты как в жильном кварце, так и во вмещающих породах — в залбандах жил. Образуется он как за счет пиритового материала жил, так и березитов. Цвет охристого лимонита непостоянен и изменяется от желтовато-буроватого до красноватого и коричневатого-бурого. В распределении охристого лимонита отмечается заметная приуроченность его к нижней части зоны окисления. Часто такой лимонитовый материал сплошь пропитывает массу вмещающих пород и отделить его от них в этом случае невозможно. Термический анализ такого лимонита (обр. № 1099) с Центрального месторождения дал термограмму, несколько отличную от обычных кривых лимонита (рис. 2, д). При температуре 450° на кривой отмечается экзотермический пик, который на основании экспериментов И. Кульпа и А. Трайтса [10], вероятно, можно объяснить образованием минерала в щелочной обстановке.

Минерал может быть определен как гидрогетит. Химический анализ этого минерала показал наличие значительной примеси SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , K_2O , что объясняется невозможностью отделения его от вмещающих пород. Пересчет химического анализа указанного лимонита (табл. 1) подтверждает данные термического исследования о присутствии гидрогетита. Термический анализ охристых лимонитов обр. 1098 и 1099 дал обычную картину, характерную для гидрогетита (рис. 2, а, б), что хорошо согласуется с данными и рентгенометрического определения (табл. 2).

При термическом исследовании охристых лимонитов Натальевского (обр. 5094) и Центрального (обр. 21) месторождений было установлено наличие лепидокрокита, что подтверждается данными рентгеновского определения (табл. 2). Спектральными анализами (рис. 4) в охристых лимонитах установлены в ряде случаев повышенные примеси свинца, меди, цинка, мышьяка, а в ряде проб серебра, золота, висмута, бария и молибдена.

Особо среди охристых лимонитов следует отметить современные новообразования лимонита, встреченные в горных выработках рудников Центрального, Берикульского и Комсомольского. Такие новообразования из месторождения Центрального были писаны автором ранее [4]. Изучение новообразований показало, что они сложены существенно охристым лимонитовым материалом от желтовато-бурого до красновато-бурого цвета. Термограммы, полученные при исследовании этих новообразований из месторождения Центрального (обр. 39 и 14а), значительно отличаются от идеальных кривых нагревания гидрогетита

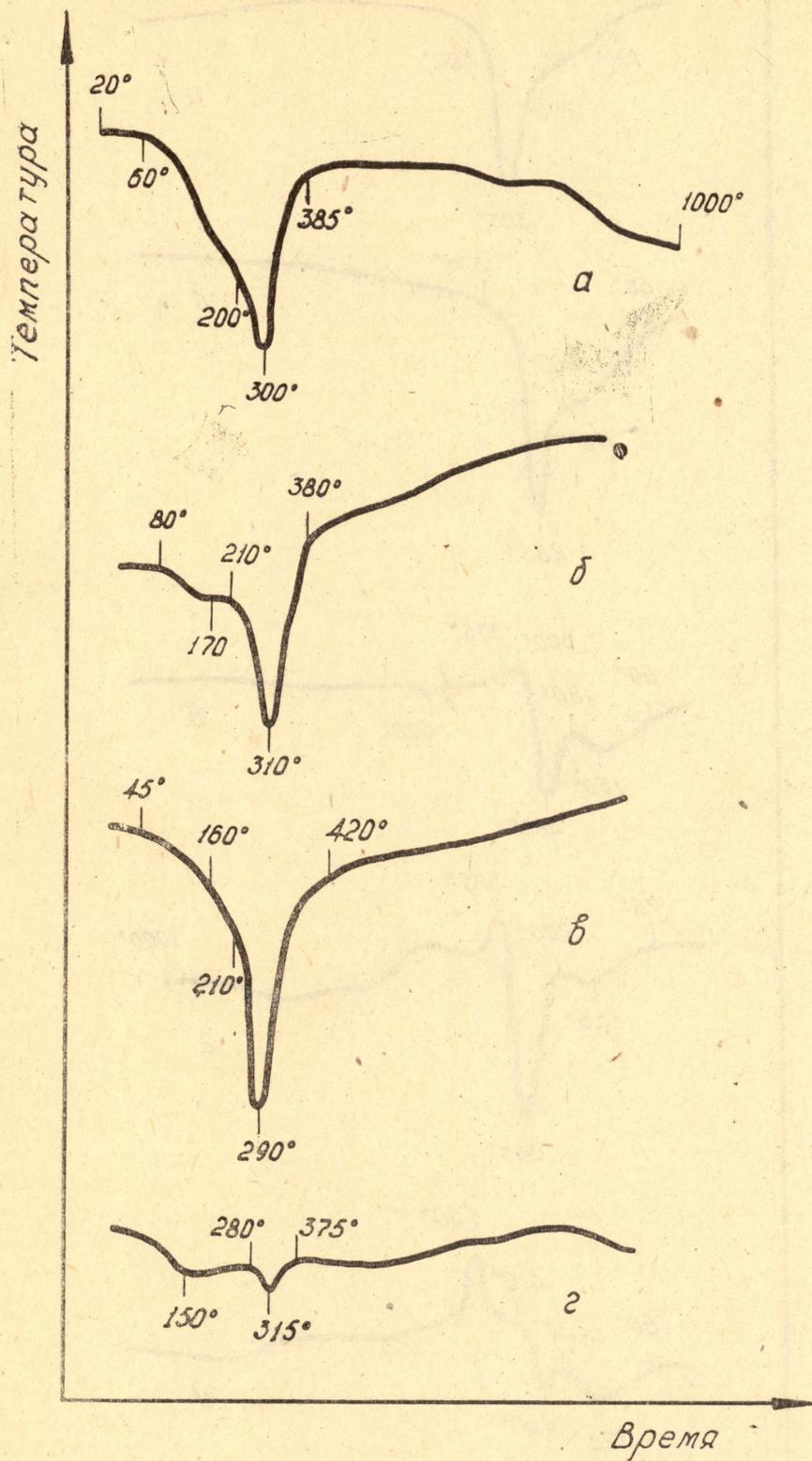


Рис. 1. Кривые нагревания плотных лимонитов:

a — смоляной лимонит (обр. 5072) из Натальевского месторождения, *б* — корковый лимонит (обр. 0613) из жилы Центральной одноименного месторождения, *в* — узловатый лимонит (обр. 1693) из жилы Тумашевской месторождения Центрального, *г* — плотный лимонит (обр. 1048) из жилы Комсомольской одноименного месторождения

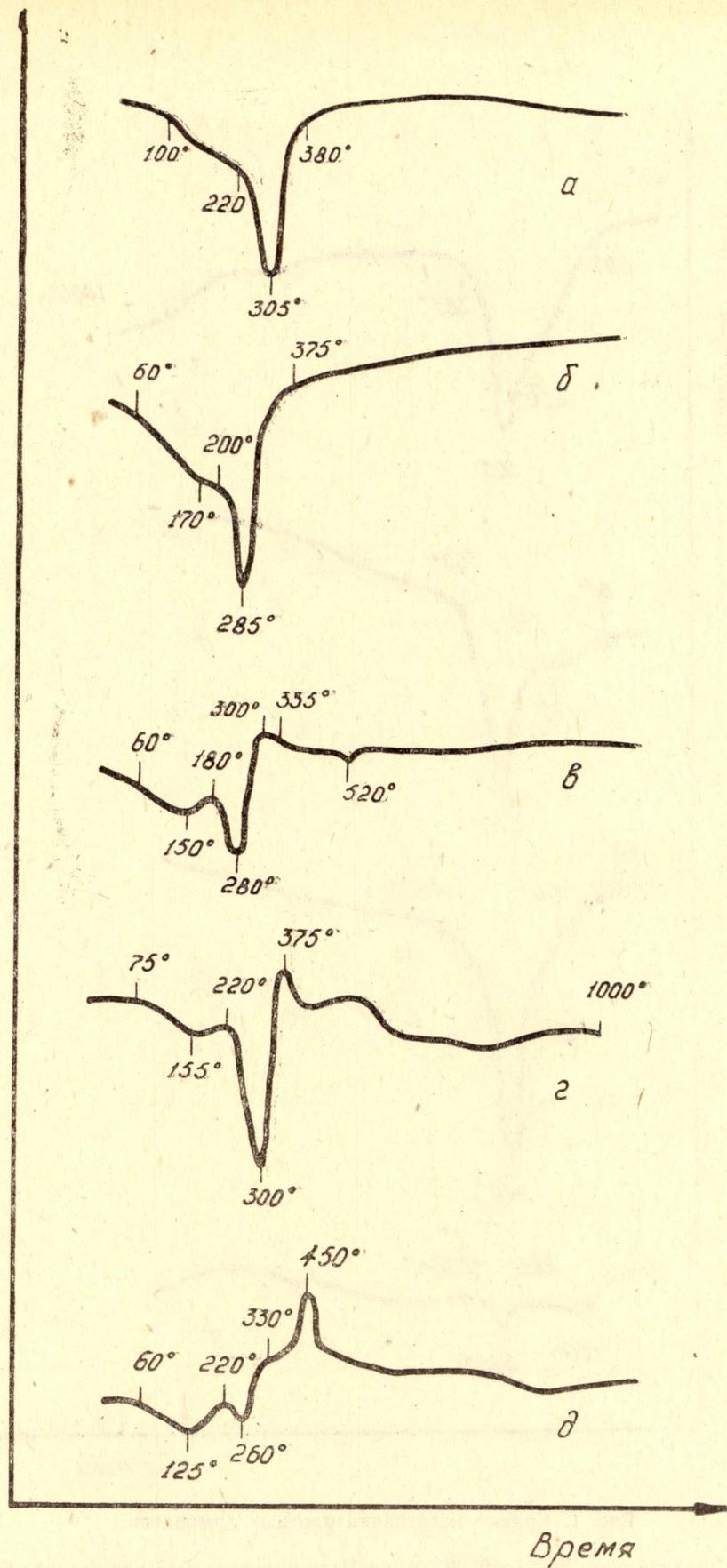


Рис. 2. Кривые нагревания охристых лимонитов:

а — лимонит (обр. 1093) из Комсомольского месторождения, б — лимонит (обр. 1098) из жилы Ключевской месторождения Комсомольского, в — лимонит (обр. 21) из жилы Промежуточной месторождения Центрального, г — лимонит (обр. 5094) из месторождения Натальевского, д — лимонит (обр. 1099) из жилы Центральной одноименного месторождения

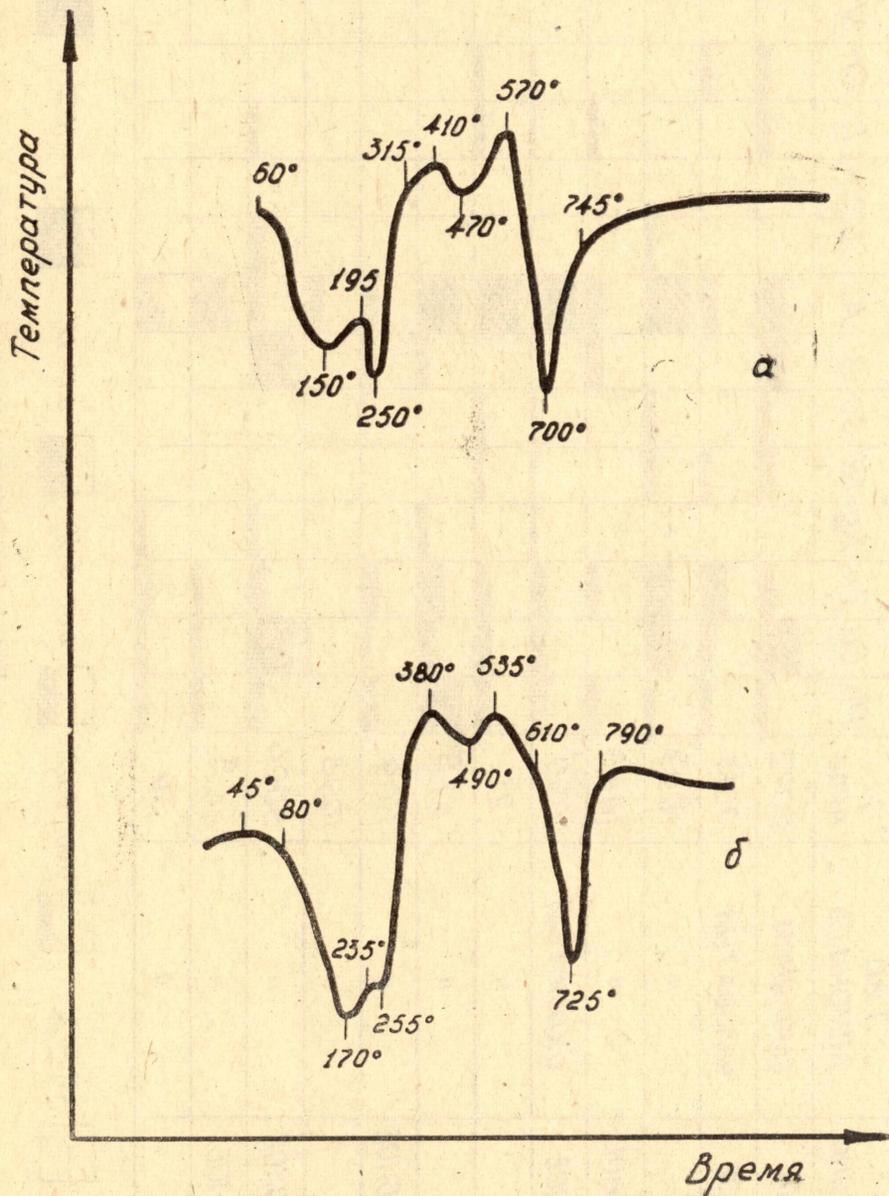


Рис. 3. Кривые нагревания современных новообразований лимонита: а — лимонит (обр. 39) из жилы Центральной одноименного месторождения, б — лимонит (обр. 14а) из жилы Школьной месторождения Центрального

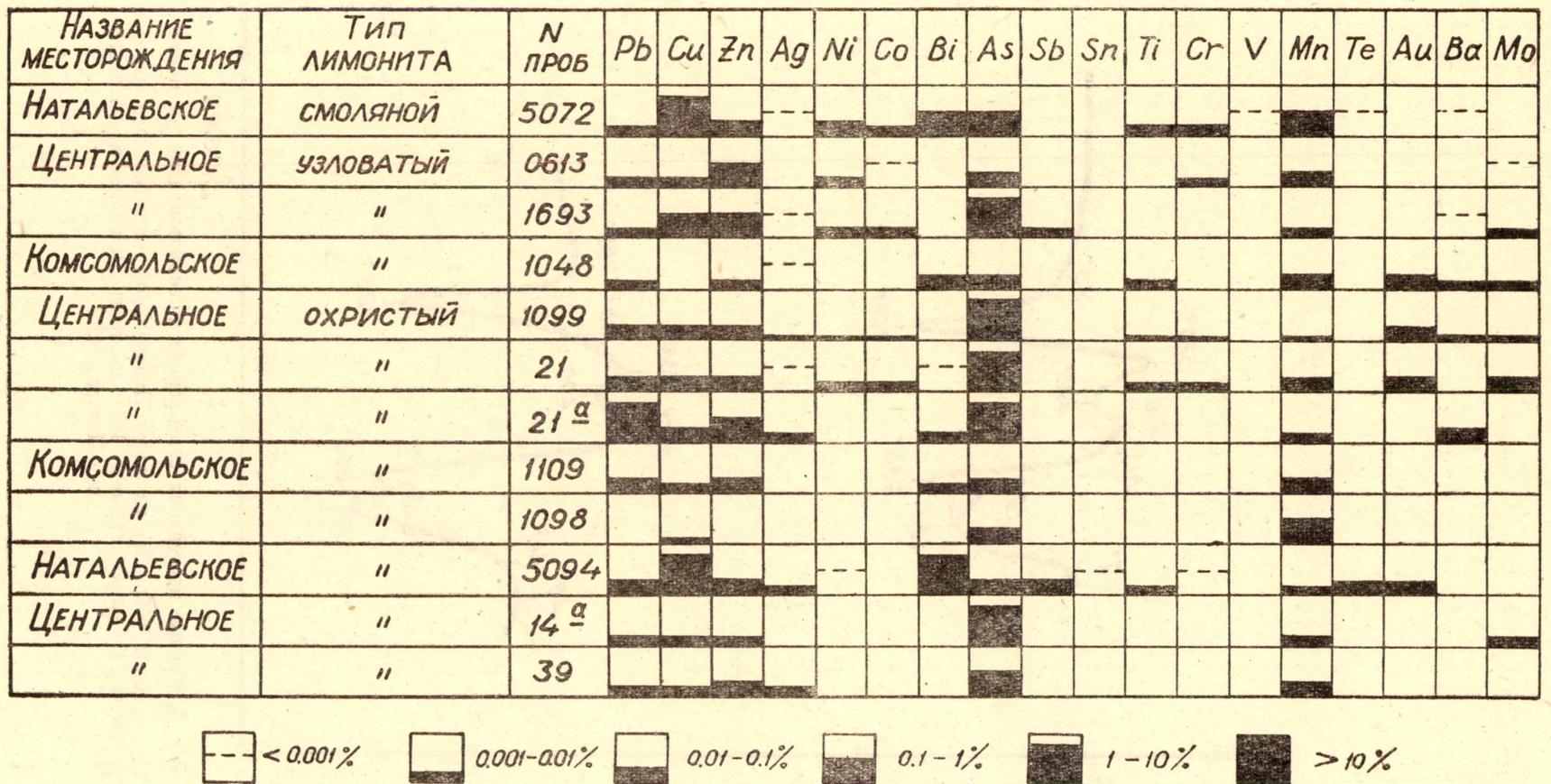


Рис. 4. Спектральные анализы лимонитов

и лепидокрокита [8]. На них ярко выделяются эндотермические эффекты при температурах 150—170° и 700—725° и менее яркие экзотермические пики при температурах 380—410° и 535—570°. По своему характеру эти кривые сходны с кривыми искусственно полученных гидратов окиси железа [9, 10]. Эти минералы могут быть диагностированы как лепидокрокит. Это в какой-то мере подтверждается и данными рентгеновского анализа (табл. 2), хотя материал был слабо раскристаллизован и дебаеграмма получена нечеткая. По приведенным данным химического анализа (табл. 1) описываемый лимонит (обр. 39) определяется как гидрогётит. Наиболее правильно этот лимонит может быть определен, вероятно, как гидролепидокрокит. Спектральными анализами (рис. 4) в новообразованиях лимонита установлен обычный набор микропримесей, но количественное содержание их меньше, чем в других типах лимонитов. Характерно также отсутствие никеля, кобальта, и ряда других элементов.

Из приведенных данных можно сделать некоторые выводы:

1. В зоне окисления изученных месторождений среди гидроокислов железа выделено 4 разновидности лимонита: псевдоморфный, смоляной, узловатый и охристый. Произведенными химическими, термическими и рентгенометрическими исследованиями установлено, что большинство из них представлено гидрогётитом. На широкую распространенность именно гидрогётита в зоне окисления рудных месторождений указывают и другие исследователи [2, 7]. Гётит установлен лишь микроскопически в псевдоморфной разновидности.

Лепидокрокит наиболее широко распространен среди охристых лимонитов (обр. 14 а, 21, 39, 5094).

2. Применение термического и рентгенометрического анализов для исследования бурых железняков вполне доступно и позволяет легко и точно диагностировать минеральные разновидности группы лимонита.

3. По данным спектральных анализов содержание основных элементов-примесей свинца, меди, цинка и мышьяка колеблется в широких пределах, причем наиболее резкие колебания наблюдаются для последних двух элементов. Марганец присутствует примерно в одинаковом количестве. Наличие элементов-примесей согласуется с составом первичных руд. Золото встречено в единичных пробах, но установлено, что содержание его выше в охристом лимоните, что отражает связь его с перенесенными лимонитами в зоне окисления изученных месторождений.

Таблица 1

Приведенный состав лимонитов по данным химических анализов

№№ образцов	Абсолютное количество в весовых %			Приведенные к 100%			Минерал
	Fe ₂ O ₃	H ₂ O	Итого	Fe ₂ O ₃	H ₂ O	Итого	
5072	72,72	13,70	86,42	84,20	15,80	100	Гидрогетит
0613	76,20	13,14	89,34	85,35	14,65	100	Гидрогетит
1693	62,50	10,19	72,69	86,10	13,90	100	Гидрогетит
1048	65,77	4,08	69,85	94,15	5,85	100	Гидрогематит
1099	27,36	5,30	32,66	83,77	16,23	100	Гидрогетит
39	71,35	19,50	90,85	78,58	21,42	100	Гидрогетит

ЛИТЕРАТУРА

1. Альбов М. Н. Вторичная зональность золоторудных месторождений Урала. М., 1960.
2. Винниченко Н. Т. Термическое изучение бурых железняков Туранглы-Сая. Зап. Узб. отд. мин. об-ва, вып. 2, 1951.
3. Зенин М. Ф. Продукты окисления и выщелачивания сульфидов, как критерий оценки месторождений медно-порфировых руд по выходам. Тр. Среднеазиатского индустр. института, вып. 1(9), 1938.
4. Миков А. Д. О современных минеральных новообразованиях в кварцево-сульфидных жилах месторождения Центрального (Кузнецкий Алатау). Изв. ТПИ, т. 165, 1968.
5. Рентгенометрический определитель минералов. М., 1954.
6. Смирнов С. С. Зона окисления сульфидных месторождений. ОНТИ, 1936.
7. Точилин М. С. Реликтово-метасоматические микроструктуры бурых железняков и их геохимическое значение. Минералог. сб. Львовского геол. об-ва, № 4, 1950.
8. Чухров Ф. В. Коллоиды в земной коре. М., 1955.
9. Gheit M. A. Differential thermal analysis of certain iron oxides hydrates. Amer. Journ. Sci., V. 250, № 9, 1952.
10. Kulp I. L., Trites A. F. Differential thermal analysis of the natural hydrous ferric oxides. Amer. Mineralogist, V. 36, № 1—2, 1951.
11. Locke A. Leached outcrops as Guides to Copper Ore. London, 1926.

