

В. А. Михайлов

Рудный район Амбатифинандрахана (Мадагаскар)*(Представлено членом-корреспондентом НАН Украины А. Ю. Митропольским)**Описано прояви рідкісноземельної мінералізації центральної частини о. Мадагаскар, виділено рудний район Амбатифінандрахана, охарактеризовано його ресурсний потенціал відносно рідкісноземельної мінералізації.*

Со второй половины 20 в. появление новых промышленных технологий обусловило необходимость широкого использования редкоземельных элементов (РЗЭ) в самых разнообразных областях: атомная и реактивная техника, металлургия, стекольное, электроника, радиотехника, электротехника, что способствовало резкой интенсификации геологоразведочных работ на редкоземельное сырье и привело к открытию ряда крупных месторождений (*Маунтин-Пас, Грин-Кав-Спрингс* в США, *Байан-Обо, Гуандонг, Хунту, Лонгнан* в Китае, *Стрейнджс-Лейк* в Канаде, *Буэна-Норте* в Бразилии, *Фонг-Тхо* во Вьетнаме, *Стинтампскрааль* в ЮАР, *Конголон, Мобаз, Келеман* в Мозамбике и др.) [1–3]. В свою очередь это позволило существенно укрепить мировую минерально-сырьевую базу РЗЭ, которая в данный момент способна обеспечить потребности промышленности, однако уже в ближайшее время может потребовать существенного расширения в связи с интенсификацией использования редких земель.

Особый интерес представляют поиски новых источников редких земель, к которому в частности, относится о. Мадагаскар, где известны как уже оцененные, так и не оцененные проявления редкоземельной минерализации. Одним из таких районов является район Амбатифинандрахана в центральной части о. Мадагаскар, в 330 км южнее г. Антананариву, в районе одноименного поселка.

Первые сведения о наличии бастнезита в этом районе появились еще в начале прошлого столетия в работах А. Лакруа (1912, 1922 гг.). В 1950–53 гг. открытым и подземным способом компания СЕА отрабатывает рудник *Андакатани* (Andakatany), а в 1955–59 гг. СGM — рудники *Андакатани* и *Ифазина* (Ifasina). В 1985 г. BUMIFOM открывает участок *Анкозоамбо* (Ankozohambo). В 1962 г. Дж. Делюбак и М. Рунноаниа проводят съемочные работы м-ба 1 : 100 000 на листах “Итремо” и “Амбатифинандрахана”. В 1965 г. выходит работа Ш. Безери, где, в частности, приводится сумма добычи бастнезита на это время в 30 т. В 1966–71 гг. общество “Le Quartz” и СGM старательским способом добывают 575 т бастнезита. В 1967–68 гг. BRGM проводит поисковые работы на участке *Анкозоамбо*, в результате которых оценены запасы европия в количестве 10 т. В 1977–78 гг. OMNIS проводит поисковые работы на листе “Итремо” и на участке *Анкозоамбо*, в 1984–85 гг. Г. Андритски осматривает участок *Анкозоамбо* и рекомендует продолжение поисково-разведочных работ на нем. В 1984 г. Д. Ракотомана (OMNIS) осматривает проявления *Вохиниариана* (Vohiniariana), *Анкадитани* (Ankaditany), *Маровоалаво* (Marovoalavo). В 1985 г. С. Разафимбело (OMNIS) проводит магнитометрическую съемку на участке *Анкозоамбо*. В 1990 — 1991 гг. Е. Прощенко и др. проводят поисковые работы на участках *Анкозоамбо, Вохиниариана,*

Маровоалаво, Ифазина (Ifasina). Однако эти работы так и не привели к объективной оценке ни отдельных проявлений редкоземельной минерализации, ни рудного потенциала данного района в целом.

В 2008 г. автором проведена экспертная оценка проявлений редкоземельной минерализации, что позволило выделить рудный район *Амбатифинандрахана* и охарактеризовать его ресурсный потенциал в отношении редкоземельной минерализации. Основной задачей проведенных исследований была экспертная оценка разрозненных проявлений редкоземельной минерализации и изучаемого района в целом, определение его ресурсного потенциала.

В районе выделяются следующие важнейшие структурно-формационные комплексы (снизу):

докембрийский цоколь (система Вохибори) — мигматитовые граниты, мигматиты, ортопироксениты и ортоамфиболиты, гнейсы, жилы чарнокитов и амфиболитов;

серия метаморфических пород верхнего докембрия — кварциты, сланцы, кальцифиры, с несогласием перекрывающие образования фундамента;

интрузивный комплекс Амбатифинандрахана: граниты, субщелочные граниты, габбро, диориты, сиениты (1125 млн лет);

дайки и жилы пегматитов, габбро, сиенитов, гранитов, керсантитов, кварца;

аллювиальные отложения и латериты.

Из известных на территории исследований проявлений бастнезита практический интерес на сегодняшний день представляют *Анкозоамбо, Маровоалаво, Ифазина* (Вохиниариана) и *Сахафа*. Их характеристика дается по материалам автора, который в 2008 г. по приглашению Madagascar Mining Investment Soil Company (ММИ) посетил и провел их экспертную оценку с использованием материалов предшествующих работ [4–8].

Проявление *Анкозоамбо* расположено в 18 км севернее пос. Амбатифинандрахана на плато с абсолютными отметками 1600–1700 м. Здесь установлена комплексная радиометрическая (свыше 90 мкр/ч на фоне 30 мкр/ч) и мультипликативная геохимическая ($\text{Ce} \times \text{La} \times \text{Y} \times \text{Pb}$) аномалия, вытянутая в северо-северо-западном направлении (350°) на 1250 м, не прослеженная до выклинивания. В ее пределах установлены две линзовидные контрастные радиометрические (до 200–500 мкр/ч) и литохимические ($n \cdot 10^{11} - n \cdot 10^{12}$) аномалии размером до 300 × 100 м, которые предположительно совпадают с богатыми рудными телами. Им отвечают линзовидные зоны наличия минерализованных обломков в латеритах, что свидетельствует о близости рудных тел. Согласно материалам Л. Фурни [5, 6], можно предположить, что аномальная зона продолжается в северо-северо-западном направлении еще на 2500 м, на что указывает наличие проявлений бастнезита в этой полосе.

В северной и южной частях комплексной аномалии известны коренные выходы интенсивно силицифицированных пород (вероятно, по сиенитам) — зоны минерализации с бастнезитом — Северное и Южное рудные тела.

Северное тело субмеридионального простирания, круто падает на северо-восток (Аз. $120 \angle 80^\circ$), имеет видимую протяженность до 100 м, видимую мощность около 10 м. Содержание редких земель достигает 6–8%, среднее — 5,65%, среднее содержание бастнезита — 3,91%.

Южное тело представляет собой бесформенные выходы аналогичных пород на южном склоне плато Анкозоамбо размерами 50 × 100 м. С северной стороны, в 50 м от коренных выходов старательскими горными выработками вскрыты брекчии оруденелых силицитов. Содержание редких земель колеблется от 2,95 до 12,18%, среднее — 5,81%, среднее содержание бастнезита — 3%.

Судя по характеру радиометрической и геохимической аномалий, наличие рудных обломков в латеритном плато, разделяющем коренные выходы, рудные тела соединяются на глубине. Таким образом, общие параметры коренного рудного тела силицитов могут достигать: длина — 1000 м, мощность — 10–15 м, содержание редких земель — 5–6% и бастнезита — 3–4%.

Между двумя обнажениями на протяжении около 800 м расположено латеритное плато, на котором известен ряд карьеров старателей, добывавших ручным способом бастнезит. Содержание редких земель в латеритах колеблется от 1,02 до 1,24% (среднее 1,14%), что свидетельствует о наличии рудного тела латеритов плащеподобной формы с параметрами: длина — 800 м, мощность — 10 м, ширина — 100 м, содержание бастнезита — 1% и редких земель — 1,14%.

Общие прогнозные ресурсы проявления могут достигать 5,5 млн т руды, 150,5 тыс. т бастнезита, 278,5 тыс. т TR_2O_3 .

В составе минерализованных зон преобладает кварц (90–98%), присутствует бастнезит (от 1–2 до 8%), в незначительных количествах — монацит, циркон, магнетит, мартит, гематит, лимонит, оксиды Mn. Сумма редких земель колеблется от 4 до 12%, в их составе преобладают оксиды Ce (40–45%), La (33–41%), Nd (11–14%), присутствуют оксиды Pr, Sm, Eu, Cd, Dy, Er, в незначительных количествах — Ho, Tm, Yb, Lu, а также Th, Nb, Zr, U.

Вероятно, зона минерализации с перерывами продолжается и в юго-юго-восточном направлении как минимум на 10 км, где известно проявление *Андохарано*. Площадь проявления сложена мраморами, прорванными массивом сиенитов. Зона минерализации северо-северо-западного простирания (355°) длиной 150–200 м сложена интенсивно силицифицированными гранитами и мраморами, до белых джаспероидов, раздробленных, пронизанных прожилками халцедона, до брекчий с кварцево-слоистым цементом, с поверхности интенсивно кавернозными. Она совпадает с радиоактивной аномалией (до 250–500 мкр/ч на фоне 90–150 мкр/ч).

Общая протяженность рудоконтролирующей зоны, к которой приурочено проявление *Анкозоамбо*, может достигать как минимум 14 км.

Проявление *Маровоалаво* расположено в 20 км на запад от пос. Амбатифинандрахана, на правом борту р. Иморона. Площадь участка $5,7 \text{ км}^2$, вытянут в северо-западном направлении на 2,7 км при ширине 2,1 км, сложен роговообманковыми, эгириин-роговообманковыми щелочными сиенитами, на востоке прорывающими более ранние граниты, а на севере — габброиды. Отмечаются дайки сиенитовых пегматитов северо-западного, реже северо-восточного направления, иногда с крупными кристаллами ортита. В центральной части развиты латеритные глины коры выветривания. Описаны разломы северо-западного и других направлений (20° , $30\text{--}70^\circ$, 300°), представленные зонами дробления, брекчирования, милонитизации по сиенитам, вмещающим многочисленные минерализованные жилы и прожилки.

В центральной части участка они образуют зону северо-западного простирания протяженностью до 3000 м, шириной 200–500 м, насыщенную минерализованными прожилками с вкрапленностью бастнезита, с которой совпадает радиометрическая аномалия интенсивностью свыше 100 мкр/ч. Зона представлена интенсивно силицифицированными, брекчированными сиенитами с бастнезитом, монацитом, цирконом, ортитом, биотитом, флюоритом, рутилом, халцедоном, окислами марганца, иногда — пиритом, арсенопиритом, магнетитом, гематитом, молибденитом.

Здесь на площади около 500×200 м расположено значительное количество старательских карьеров, в отвалах которых часто встречаются крупные, часто хорошо ограненные кристаллы бастнезита, как правило, ассоциирующие с розовым и мясисто-красным кварцем, образующие в нем крупные вроски кристаллов. Выделяется обширная аномалия радиоактивности интенсивностью 60–100 мкр/ч (до 280 мкр/ч) на фоне 35 мкр/ч, вытянутая в северо-северо-западном направлении, длиной 1200 м, шириной более 300 м.

Имеющиеся факты указывают на то, что основная масса бастнезита здесь сосредоточена в латеритах и образовалась за счет разрушения маломощных немногочисленных зон рудной минерализации в пределах коры выветривания сиенитов с ее резким обогащением полезными компонентами. Очевидно, рудное тело в латеритах имеет плащеподобную форму, параметры: длина — 1000 м, мощность — 10 м, ширина — 150 м, содержание бастнезита в среднем 2% (в единичных пробах от 5,11 до 52,59%), редких земель — 2,76%.

Наличие контрастной радиометрической аномалии, высокие содержания редких земель в латеритах (от 0,13 до 28,78%) позволяет предполагать наличие коренного рудного тела под покровом латеритов — рудного штокверка в сиенитах, размеры которого могут достигать: длина — 100 м, мощность — 100 м, ширина — 100 м, содержание бастнезита — 2%, редких земель — 2,76%.

В составе редких земель преобладают Ce, La, присутствуют Nd, Pr, Sm, в незначительных количествах — Eu, Gd, Dy, Er, очень незначительных — Ho, Er, Tm, Yb, Lu. Общие прогнозные ресурсы проявления могут достигать 5 млн т руды, 100 тыс. т бастнезита, 138 тыс. т TR_2O_3 .

Проявление *Ифазина (Вохиниариана)* расположено в 15–20 км на северо-запад от пос. Амбатофинандрахана, объединяет ряд зон минерализации в пределах тектонической зоны северо-западного простирания длиной 4 км, шириной 1,5 км на обоих бортах р. Иморона.

Первая зона (Вохиниариана) расположена на берегах р. Амбондронели (левый приток р. Иморона). Общая протяженность зоны минерализации достигает 1200 м, с ней совпадают баритовые жилы и не прослеженная до выклинивания радиометрическая аномалия того же простирания (прослежена на расстоянии 690 м) интенсивностью 50–130 мкр/ч, в границах которой выделяются контрастные аномалии (до 160 мкр/ч) линзовидной формы размером $100\text{--}200 \times 50\text{--}60$ м, которые можно параллелизовать с богатыми рудными телами. Содержание редких земель здесь достигает 4,56%.

Другая зона (*Амбахи-Лесада*), расположенная в 800 м северо-восточнее описанной, протягивается в северо-западном направлении на 4 км, включает 12 точек минерализации. Она приурочена к тектоническому контакту габбро-сиенитов и гранитов, сопровождается зонами милонитизации, джаспероидами, жилами барита, флюорита, чевкинита, жилами пегматита, зонами силицификации в гранитах, иногда с крупными (до 100 кг) блоками халцедона с многочисленными табличками бастнезита, включениями турмалина и флюорита. Зона практически не изучена, хотя является самой протяженной в районе Амбатофинандрахана.

Содержания бастнезита в зонах минерализации колеблется от 0,4 до 3,4%, в среднем 1,1%. В отличие от иных участков здесь в значительных количествах присутствует монацит — от 0,4–0,5 до 2,1%, в среднем 1,34%, что обуславливает возможность его извлечения вместе с бастнезитом.

Содержание редких земель колеблется от 1–2 до 8%, в среднем — 3,49%, в их составе преобладают Ce, La, Nd, присутствуют Pr, Sm, в небольших количествах — Gd, Eu, Dy, в очень незначительных — Ho, Er, Tm, Yb, Lu.

Эти данные позволяют прогнозировать выявление в пределах зоны Вохиниариана рудного тела редкоземельной минерализации в латеритах размером: длина — 250 м, мощность — 10 м, ширина — 100 м, содержание бастнезита 1,1%, монацита 1,34%, TR_2O_3 — 3,49%. Еще одно рудное тело такой же природы (с близкими параметрами (150 × 100 × 10 м) и содержаниями полезных компонентов) прогнозируются на юго-восточном фланге рудной зоны *Вохиниариана* и два — в пределах рудоконтролирующей зоны *Амбахи-Лесада*. Не исключено выявление и иных рудных тел.

Общие прогнозные ресурсы проявления могут достигать 1,4 млн т руды, 15,4 тыс. т бастнезита, 33,25 тыс. т TR_2O_3 .

Проявление *Сахафа* расположено в 17 км на северо-запад от пос. Амбатофинандрахана, в 7 км севернее участка *Вохиниариана*, на левом берегу р. Иморона. Здесь в двух параллельных субмеридиональных зонах протяженностью 1,8 и 0,8 км, шириной по 100–150 м, расположенных в 120–150 м друг от друга, известен ряд зон минерализации, вскрытых карьерами. Эти зоны приурочены к тектоническому контакту между гранитами и сиенитами, выделяются в виде интенсивных, вытянутых в том же направлении радиометрических аномалий (30–50 мкР/ч), на фоне которых выделяются участки с интенсивностью до 150–200 мкР/ч. Проявления бастнезита связаны с зонами джаспероидов и окварцевания мощностью 0,25–0,8 м, длиной 50–100 м. Здесь прогнозируется выявление двух рудных тел с параметрами,

приближенными к рудным телам участка Вохиниариана (размеры 150 × 100 × 10 м, содержание бастнезита 1,1%, монацита — 1,34%, TR_2O_3 — 1,75%). Общие прогнозные ресурсы проявления могут достигать 0,6 млн т руды, 6,6 тыс. т бастнезита, 10,5 тыс. т TR_2O_3 .

Кроме описанных, в районе известен еще ряд проявлений редкоземельной минерализации, не имеющих на сегодняшний день практического значения.

Проявление *Самбалахи* расположено в 7 км на запад от пос. Амбатофинандрахана. Здесь известно 5 точек минерализации среди гранитов (до граносиенитов) светло-серых с включениями темноцветных минералов с повышенной радиоактивностью (до 100 мкР/ч). На участке имеется старый карьер, проявление практически не изучено. По данным Елифановой (1990 г.), в единичном образце из силицитов рудной зоны зафиксированы содержания TR_2O_3 — 24,48%, ThO_2 — 0,30%. Проявление практически не изучено, его перспективы представляются сомнительными.

Проявление *Андакатани* расположено в 25–30 км к востоку от пос. Амбатофинандрахана. Открыто в 1950 г., спорадически разрабатывалось СГМ. Зона минерализации мощностью 10 м, длиной 200 м локализована в щелочных гранитах, прорывающих метаморфические сланцы, кальцифиры и кварциты. Она представлена тремя жилами кварца мощностью от 0,2–0,8 до 2,5–2,8 м, длиной до 200 м, обогащенных видимым бастнезитом размером до нескольких сантиметров, были находки кристаллов весом в несколько килограмм.

Проявление *Амбаталахифотзи* расположено в 5 км восточнее предыдущего, среди силифицированных мраморов и кальцифиров со светлым флогопитом, щелочным амфиболом, микроклином, баритом, мелкими кристаллами монацита (0,2–0,5 мм), единичными пиритом и галенитом. Выделяется повышенной радиоактивностью. По данным Е. Проценко и др. (1991), содержание редких земель здесь колеблется от 0,45 до 4,3%. Проявление практически не изучено.

На продолжении рудоносной структуры в северо-северо-восточном направлении известны еще ряд проявлений бастнезита (например, Тсангандрана), что свидетельствует

о значительном пространственном размахе редкоземельной минерализации в описываемом районе.

Таким образом, на территории листов “Итремо” и “Амбатофинандрахана” в центральной части о. Мадагаскар выделен рудный район **Амбатофинандрахана** с промышленно ценной редкоземельной минерализацией. Прогнозные ресурсы рудного района, вероятно, превышают 12,5 млн т руды, 270 тыс. т бастнезита, 460 тыс. т TR_2O_3 .

1. *Mariano A. N.* Economic geology of Rare Earth Minerals // Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements / Ed. B. R. Lipin, G. A. McKay. – Washington: Mineral. Soc. of Amer., 1989. – P. 309–337.
2. *Orris G. J., Grauch R. I.* USGS Open-File Report, 2002. – 02–189.
3. *U. S.* Geological Survey, 2008. – Mineral commodity summaries. – Wash.: USGS, 2008. – 199 p.
4. *Andritzky G.* Etude de quelques gisements de bastnaesite de la region d’Ambatofinandrahana (Madagascar). – Antananarivu: BGR, 1986.
5. *Fournie L.* Les gisements de terres ceriques de la region d’Ambatofinandrahana (possibilites en europium). – BRGM, Direction a Madagascar, 1968.
6. *Fournie L.* Etude complementaire de l’indice de bastnaesite de Begabona (centre de Madagascar). – BRGM, Direction a Madagascar, 1969.
7. *Proshchenko E., Bitchouk N., Ganzeev A. et al.* Evaluation des potentialities des indices de bastnaesite de la region d’Ambatofinandrahana. – Antananarivu, 1991. – 99 p.
8. *Rakotomanana D.* Rapport technique annuel du projet terres rares (Projet lie an Pact des Actionnaires de la Societe Rare Earth mining Madagascar). – Antananarivu, 2002. – 62 p.

Киевский национальный университет
им. Тараса Шевченко

Поступило в редакцию 18.02.2010

V. A. Mykhaylov

Ore region Amabatofinandrahana (Madagascar)

The resource potential of the Ambatofinandrahana ore region as for the rare-earth mineralization is characterized.