ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70815— 2023 (ИСО 22444-1:2020)

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ. МИНЕРАЛЫ, ОКСИДЫ И ПРОЧИЕ СОЕДИНЕНИЯ

Термины и определения

(ISO 22444-1:2020, Rare earth — Vocabulary — Part 1: Minerals, oxides and other compounds, MOD)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным унитарным предприятием «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина» (ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 372 «Редкие и редкоземельные металлы»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 июля 2023 г. № 514-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО 22444-1:2020 «Редкоземельные элементы. Словарь. Часть 1. Минералы, оксиды и другие соединения» (ISO 22444-1:2020 «Rare earth — Vocabulary — Part 1: Minerals, oxides and other compounds», MOD), при этом измененные фразы и слова выделены в тексте курсивом.

Указанные отклонения учитывают особенности терминологии, применяемой в национальной промышленности редкоземельных металлов и направлены на приведение отдельных терминов в соответствие с наиболее употребляемыми в Российской Федерации.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5).

Алфавитный указатель терминов приведен в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© ISO, 2020
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 1
4 Термины, относящиеся к редкоземельным минералам и руде 4
4.1 Редкоземельные минералы 4
4.2 Редкоземельные руды и концентраты 5
5 Термины, относящиеся к оксидам и другим соединениям редкоземельных элементов 6
5.1 Общие термины 6
5.2 Редкоземельные соединения 6
6 Термины, относящиеся к процессу производства редкоземельных элементов 9
6.1 Производство редкоземельного концентрата 9
6.2 Гидрометаллургия редкоземельных элементов 9
Приложение А (справочное) Характеристики индивидуальных редкоземельных металлов и оксидов 11
Приложение ДА (справочное) Алфавитный указатель терминов 14
Библиография 15

Введение

Редкоземельные элементы нашли широкое применение. Различные компании и отрасли промышленности используют всевозможные определения для редкоземельных элементов, их соединений и сплавов. Поэтому существенное значение имеет унификация терминологии, используемой в промышленности редкоземельных элементов.

Около 250 минералов содержит значимое количество редкоземельных металлов, при этом лишь немногие месторождения РЗЭ экономически целесообразно разрабатывать. По мере переработки редкоземельных руд в промежуточные продукты и далее в конечные продукты получают различные оксиды и другие соединения редкоземельных элементов.

Настоящий стандарт устанавливает термины в области минералов, оксидов и других соединений редкоземельных элементов для производителей, потребителей и участников торговли. Настоящий стандарт послужит справочником, который поможет уменьшить число разногласий или торговых споров, обусловленных несоответствиями в терминах, используемых при работе с редкоземельными минералами, оксидами и другими соединениями.

В стандарте приведены иноязычные эквиваленты стандартизованных терминов на английском (en) языке.

Стандартизованные термины набраны полужирным шрифтом, иноязычные эквиваленты — светлым, синонимы — курсивом.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ. МИНЕРАЛЫ, ОКСИДЫ И ПРОЧИЕ СОЕДИНЕНИЯ

Термины и определения

Rare earth. Minerals, oxides and other compounds. Terms and definitions

Дата введения — 2023—11—01

1 Область применения

Настоящий стандарт определяет термины для редкоземельных минералов, оксидов и других соединений, так же как для связанных с ними производственных процессов.

Настоящий стандарт может быть использован в качестве ссылки для унификации технических терминов в области производства, применения, контроля, обращения, торговли, научных исследований и образования, связанных с редкоземельными элементами.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте нормативные ссылки отсутствуют.

3 Термины и определения

3.1 **редкоземельный элемент:** Общее название для скандия (Sc), иттрия (Y) и лантаноидов (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu), утвержденное в 2005 году Международным союзом теоретической и прикладной химии (ИЮПАК) в Рекомендациях по номенклатуре неорганической химии [1]. rare earth element

Примечания

1 Отдельные термины и соответствующие сокращенные термины являются общими, такими как редкоземельный элемент (РЗЭ) и оксид редкоземельного элемента (ОРЗЭ) (5.2.1).

2 Редкоземельные элементы чаще всего разделяют на легкую, среднюю и тяжелую группы. При этом легкие РЗЭ включают элементы между лантаном (La) и неодимом (Nd), средние РЗЭ включают элементы между самарием (Sm) и гадолинием (Gd), а тяжелые РЗЭ включают элементы от тербия (Tb) до лютеция (Lu), а также скандий (Sc) и иттрий (Y).

3 Дидимом *(Di)* обычно называют смесь элементов Pr и Nd.

4 Характеристики редкоземельных элементов описаны в приложении А.

3.2 **редкоземельный минерал:** Минерал, содержащий один или несколько редкоземельных элементов (3.1). rare earth mineral

Примечание — Редкоземельные элементы могут присутствовать в виде простого соединения, включенного в решетку другого минерала или сорбированного на другом минерале, например, бастнезит (4.1.1), монацит (4.1.2) или монтмориллонит в месторождениях ионной глины.

Издание официальное

3.3 **редкоземельная руда:** Редкоземельная минерализация, встречающаяся в природе в различных типах рудных месторождений. — rare earth ore

Примечание — Те типы месторождений, которые в настоящее время или ранее эксплуатировались в коммерческих целях, включают руду месторождения Баюнь-Обо (4.2.1), ионно-адсорбционную редкоземельную руду (4.2.2), карбонатитовые/щелочные *интрузии* (4.2.3), *коры выветривания карбонатитов* (4.2.4) *и прибрежно-морские россыпи* (4.2.5), *апатит, лопарит (4.1.5), эвдиалит, фосфориты.*

3.4 **месторождение редкоземельных элементов:** Площадь или объем земной коры, где имеется скопление редкоземельных минералов (3.2) (с другими полезными минералами или без них), представляющих экономический интерес. — rare earth deposit

3.5 **уровень редких земель:** Массовая доля *редкоземельных элементов (РЗЭ)* или оксидов редкоземельных элементов (ОРЗЭ) (5.2.1) в месторождении/концентрате, хвостах *или отходах*. — rare earth grade

Примечания

1 Уровень может быть представлен в процентах или в кг/т или г/т. В заявлениях об уровне должно быть четко указано, предоставляются ли данные на основе РЗЭ или ОРЗЭ.

2 При пересчете содержания металла на его оксид следует учитывать поправочный коэффициент с учетом степени окисления соответствующего металла. За исключением оксида церия (CeO_2), оксида празеодима (Pr_6O_{11}) и оксида тербия (Tb_4O_7), следует считать РЗЭ в их оксидах со степенью окисления +3.

3.6 **редкоземельные минеральные ресурсы и запасы полезных ископаемых:** Ресурсы руды или минералов, содержащих редкоземельные элементы, которые могут быть добыты правомерно и с выгодой в существующих условиях. — rare earth mineral resource and mineral reserve

Примечание — Указанный запас представляет собой оценку руды, рассчитанную по скважинам, выходам и опытным данным, прогнозируется на обоснованное расстояние по геологическим данным.

3.7 **содержание редкоземельных элементов;** *общее содержание редкоземельных элементов*: Массовая доля редкоземельных элементов в материале. — rare earth content total rare earth content

Примечание — Для оксидов (5.2.1) и других соединений редкоземельных элементов содержание обычно указывается в процентах оксида редкоземельных элементов, т. е. % ОРЗЭ. Для металлов и сплавов содержание обычно указывается в процентах редкоземельного металла, т. е. % РЗЭ.

3.8 **распределение редкоземельных элементов:** Массовая доля каждого отдельного редкоземельного элемента в материале, содержащем смесь редкоземельных элементов, по сравнению с общим содержанием редкоземельных элементов (3,7) в материале. — rare earth distribution

Примечание — Распределение для металлов и сплавов обычно выражается в виде процентного содержания редкоземельного металла, т. е. % РЗЭ, для оксидов и других соединений — в виде процентного содержания оксида редкоземельного элемента (5.2.1), т. е. % ОРЗЭ.

3.9 **средняя молярная масса смешанных редкоземельных соединений:** Отношение общей массы всех редкоземельных соединений к их общему числу молей, как показано формулой: — average molar mass of mixed rare earth compounds $\bar{M}$

$$\bar{M} = \frac{m_{total}}{n_{total}} = \frac{\sum_{i=1}^{N} m_i}{\sum_{i=1}^{N} \frac{m_i}{M_i}} = \frac{m_1 + m_2 + \ldots + m_N}{\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} + \ldots + \frac{m_N}{M_N}}$$

где m_{total} — общая масса смешанных редкоземельных элементов, г;

n_{total} — общее количество смешанных редкоземельных элементов, моль;

m_i — масса редкоземельного соединения i, i = 1, 2, ..., N, г;

M_i — молярная масса редкоземельного соединения i, i = 1, 2, ..., N. Основной единицей расчета является 1/x (RExBy) г/моль.

Примечание — Указывается в г/моль.

Примеры

1 Средняя молярная масса смешанного оксида редкоземельных элементов (5.2.1), содержащего 40 % оксида лантана и 60 % оксида иттрия, рассчитывается следующим образом:

$m_{La_2O_3}$ = 40 г, $m_{Y_2O_3}$ = 60 г, M_{La} = 325,81/2 = 162,90 г/моль, M_Y = 225,81/2 = = 112,90 г/моль.

$$\bar{M} = \frac{40 + 60}{\frac{40}{162,9} + \frac{60}{112,9}} = 128,7 \text{ г/моль.}$$

2 Средняя молярная масса смешанного оксида редкоземельных элементов (5.2.1), содержащего 25 % оксида празеодима и 75 % оксида неодима, рассчитывается следующим образом:

$m_{Pr_6O_{11}}$ = 25 г, $m_{Nd_2O_3}$ = 75 г, M_{Pr} = 1 021,44/6 = 170,24 г/моль, M_{Nd} = 336,48/2 = = 168,24 г/моль

$$\bar{M} = \frac{25 + 75}{\frac{25}{170,2} + \frac{75}{168,2}} = 168,7 \text{ г/моль.}$$

3 Средняя молярная масса смешанного хлорида редкоземельных элементов (5.2.2), содержащего 40 % хлорида лантана и 60 % хлорида церия, рассчитывается следующим образом:

m_{LaCl_3} = 40 г, m_{CeCl_3} = 60 г, M_{LaCl_3} = 245,26 г/моль, M_{CeCl_3} = 246,48 г/моль.

$$\bar{M} = \frac{40 + 60}{\frac{40}{245,26} + \frac{60}{246,48}} = 246,0 \text{ г/моль.}$$

3.10 **редкоземельная примесь:** Нежелательный редкоземельный элемент (3.1), помимо целевого редкоземельного элемента(ов) в редкоземельном продукте.

rare earth impurity

3.11 **нередкоземельная примесь:** Нежелательный нередкоземельный элемент в редкоземельном продукте.

non-rare earth impurity

Пример — Fe, Al, Ca, SO_4^{2-}.

3.12 **чистота редкоземельных элементов;** *абсолютная чистота редкоземельных элементов*: Массовая доля указанного редкоземельного элемента (3.1) или оксида редкоземельного элемента (5.2.1) в редкоземельном продукте.

rare earth purity

Примечания

1 Она выражает массовую долю основного вещества (РЗЭ или РЗО).

2 Содержание целевого элемента в оксиде, металле или соединении выражается чистотой, когда содержание превышает 90 %.

3.13 **относительная чистота редкоземельных элементов:** Массовая доля указанного редкоземельного элемента (3.1) или оксида редкоземельного элемента (5.2.1) от суммарного содержания редкоземельных элементов (3.7).

relative rare earth purity

Примечание — Она выражена в процентах и указана основа (РЗЭ или ОРЗЭ).

4 Термины, относящиеся к редкоземельным минералам и руде

4.1 Редкоземельные минералы

4.1.1 **бастнезит:** Желтый, красновато-коричневый, светло-зеленый или коричневый карбонатно-фторидный минерал, обычно содержащий от 65 % до 75 % оксидов редкоземельных элементов (5.2.1), с формулой (Ce, La, Nd, Pr) CO_3F. bastnaesite

Примечания

1 Семейство карбонатно-фторидных минералов включает бастнезит-(Ce) с формулой (Ce, La) CO_3F, бастнезит-(La) с формулой (La, Ce) CO_3F и бастнезит-(Y) с формулой (Y, Ce) CO_3F. Наиболее распространенный минерал — бастнезит-(Ce), а церий, безусловно, является наиболее распространенным из редкоземельных элементов в этом классе минералов.

2 Твердость минерала по шкале Мооса составляет от 4,0 до 4,5, а плотность обычно составляет от 4700 до 5100 кг/м^3.

3 Минерал растворим в HCl, H_2SO_4, HNO_3 и H_3PO_4.

4.1.2 **монацит:** Желто-коричневый, коричневый, красный и иногда зеленый минерал, обычно содержащий от 55 % до 70 % оксидов редкоземельных элементов (5.2.1), с формулой (Ce, La, Nd, Pr, Th) PO_4. monazite

Примечания

1 Минерал обычно встречается в виде небольших свободных кристаллов, а состав минерала в основном включает легкие редкоземельные элементы. Присутствие тория *и урана* требует особого внимания учитывая их радиоактивность.

2 Твердость минерала по шкале Мооса составляет от 5,05 до 5,50, а плотность обычно составляет от 4900 до 5500 кг/м^3.

3 Минерал растворим в H_3PO_4, H_2SO_4 и $HClO_4$ в зависимости от химического состава и предварительной обработки.

4.1.3 **ксенотим:** Желтый, коричневый и иногда желтовато-зеленый минерал, представляющий собой фосфат редкоземельных элементов (5.2.9), содержащий обычно от 50 % до 65 % оксидов редкоземельных элементов (5.2.1), который часто представляет собой фосфат иттрия (YPO_4). xenotime

Примечания

1 Помимо иттрия, минерал часто содержит другие тяжелые редкоземельные элементы (3.1), такие как диспрозий, эрбий, тербий и иттербий. Присутствие тория *и урана* требует особого внимания учитывая их радиоактивность. Этот минерал является важным источником иттрия и тяжелых редкоземельных металлов.

2 Твердость минерала по шкале Мооса составляет от 4 до 5, а плотность обычно составляет от 4400 до 5100 кг/м^3.

4.1.4 **фергусонит:** Как правило, желтый, рыжевато-коричневый или черный сложный минерал, содержащий от 43 % до 53 % оксидов редкоземельных элементов (5.2.1), с химической формулой (Y, *Ln*) NbO_4. fergusonite

Примечания

1 Обычно основным редкоземельным элементом в минерале является иттрий, но иногда он может быть заменен на церий, лантан и неодим.

2 Твердость минерала по шкале Мооса составляет от 5,5 до 6,5, а плотность обычно составляет от 4900 до 5800 кг/м^3.

3 Минерал частично растворяется в HCl и растворяется в H_2SO_4, H_3PO_4 и HF в зависимости от химического состава и предварительной обработки.

4.1.5 **лопарит:** Черный, пепельно-черный или красновато-коричневый минерал с прожилками, обычно содержащий от 30 % до 40 % оксидов редкоземельных элементов (5.2.1), с общей химической формулой (Na, Ce, Ca, Sr, Th) (Ti, Nb, Fe)O_3. loparite

Примечания

1 Твердость по Моосу составляет от 5,6 до 6,0, а плотность обычно составляет от 4600 до 4900 кг/м^3.

2 Если содержание Nb_2O_5 превышает 25 %, то минерал называется лопаритом, богатым ниобием.

3 Минерал, как правило, не растворим в кислотах, за исключением плавиковой кислоты. *Присутствие тория и урана требует особого внимания, учитывая их радиоактивность.*

4.2 Редкоземельные руды и концентраты

4.2.1 **руда месторождения Баюнь-Обо:** Смешанная редкоземельная руда (3.3), содержащая редкоземельные элементы (3.1) в бастнезите (4.1.1) и монаците (4.1.2) и железо в виде магнетита и гематита. — Baiyun Obo ore

Примечание — Названа в честь района Баюнь-Обо в автономном районе Внутренняя Монголия (КНР), где руда перерабатывается для производства редкоземельного концентрата (4.2.6) и концентратов железа.

4.2.2 **ионно-адсорбционная редкоземельная руда;** *ионная руда; ионно-адсорбционная глина; ионная глина*: Глинистые минералы, такие как монтмориллонит, которые сорбировали ионы редкоземельных металлов, высвобождаемые при интенсивном выветривании первичных редкоземельных минералов (3.2) в результате ионного обмена, также известна как редкоземельная руда, внесенная элюированием коры выветривания (3.3). — ion-adsorption rare earth ore

Примечание — Руда является основным источником тяжелых редкоземельных элементов и встречается в различных частях света, как правило, в тропиках.

4.2.3 **карбонатитовые/щелочные *интрузии*:** Месторождения редкоземельных элементов (3.4), расположенные в карбонатитовых/щелочных *интрузиях* и вышележащих щелочных вулканических отложениях. — carbonatite/alkalic pipe

Примечание — Редкоземельная минерализация часто представлена бастнезитом (4.1.1), хотя также часто встречается монацит (4.1.2). Минералы пустой породы обычно представляют собой карбонаты.

Пример — Маунтин-Пасс в США, Кванфилд в Гренландии.

4.2.4 ***коры выветривания карбонатитов*:** Карбонатиты, подвергшиеся интенсивным процессам выветривания и выщелачивания, которые во многих случаях приводили к обогащению редкоземельными элементами. — weathered carbonatite

Пример — Месторождение Маунт-Вельд в Австралии, Томторское месторождение в России.

4.2.5 ***прибрежно-морские россыпи*:** Редкоземельные минералы (3.2), которые обычно имеют высокий удельный вес и под действием текущей воды могут концентрироваться в прибрежных или речных залежах тяжелых полезных ископаемых. — beach sand

Примечание — Такие месторождения распространены в Австралии, Индии и Южной Африке.

4.2.6 **редкоземельный концентрат:** Материал, обогащенный редкоземельными элементами, полученный химическими, физико-химическими методами обогащения в виде твердого вещества или раствора и пригодный в качестве сырья для *дальнейшей переработки*. — rare earth concentrate

Примечание — Очищенный смешанный редкоземельный концентрат — это концентрат, полученный химическими методами, с низким содержанием примесей, в форме твердого вещества или раствора, который получают из раствора выщелачивания, полученного из ионно-адсорбционной редкоземельной руды (4.2.2) или смешанного минерального концентрата, и пригодный для разделительного производства. Он имеет такое же распределение редкоземельных элементов (3.8), как и концентрат редкоземельных элементов.

Пример — Монацитовый концентрат (4.1.2), смешанный бастнезитиовый (4.1.1) и монацитовый концентрат, смешанные карбонаты редкоземельных элементов (5.2.3), оксиды редкоземельных элементов (5.2.1) или хлориды редкоземельных элементов (5.2.2), полученные из раствора ионно-адсорбционной редкоземельной руды.

5 Термины, относящиеся к оксидам и другим соединениям редкоземельных элементов

5.1 Общие термины

5.1.1 **соединение индивидуального редкоземельного элемента:** Соединение, содержащее преимущественно только один редкоземельный элемент (3.1).

individual rare earth compound

5.1.2 **смешанное соединение редкоземельных элементов:** Соединение, содержащее преимущественно два или более редкоземельных элемента (3.1) и полученное путем обработки смешанного редкоземельного материала для частичного разделения определенных групп редкоземельных элементов.

mixed rare earth compound

Примечание — Соединения дидима представляют собой соединения, содержащие смесь элементов празеодима (Pr) и неодима (Nd), в которых Pr обычно составляет более 18 %.

5.1.3 **соединение, содержащее редкоземельный элемент:** Соединение, содержащее редкоземельный (3.1) и другой элемент; комбинация этих элементов дает соединение, значительно отличающееся по физическим и химическим свойствам по сравнению с другими соединениями.

rare earth-bearing compound

Примечание — Соединение обладает свойствами, позволяющими использовать их в различных отраслях: оптике, механике, электроэнергетике, катализе, триботехнике, термоэлектричестве и т. д.

Пример — Комплексный оксид циркония-церия, диоксид циркония стабилизированный иттрием (YSZ), красный порошок нитрида (Sr, Ca) $AlSiN_3$: Eu^{2+}, смешанный оксид алюминия с редкоземельным элементом ($RE_xAl_yO_z$), хромит лантана ($LaCrO_3$).

5.1.4 **разделенный редкоземельный продукт:** Соединение, содержащее один или несколько редкоземельных элементов, которые были отделены от других редкоземельных элементов.

separated rare earth product

Пример — Оксид празеодима и неодима/оксид дидима, карбонат Sm-Eu-Gd (SEG).

5.2 Редкоземельные соединения

5.2.1 **оксид *редкоземельного элемента;*** ОРЭЭ: Соединение, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и кислород.

rare earth oxide REO

Примечания

1 Как правило, формула имеет вид RE_xO_y, где x равно 2, а y равно 3. Однако некоторые редкоземельные элементы могут проявлять *степень окисления*, отличную от +3, как показано в таблице А.2.

2 Индивидуальный ОРЗЭ преимущественно содержит один редкоземельный элемент (таблица А.1). Смешанный ОРЗЭ содержит два или более редкоземельных элемента.

3 ОРЗЭ находится в виде порошка. Он растворим в кислоте, и большая часть легко переходит в раствор. *Диоксид церия растворяется только с предварительной сульфатизацией.*

5.2.2 **хлорид *редкоземельного элемента*:** Соединение, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и *хлорид-ион*. rare earth chloride

Примечания

1 Хлорид индивидуального редкоземельного элемента преимущественно содержит один редкоземельный элемент. Смешанный хлорид редкоземельных элементов содержит два или более редкоземельных элемента в виде хлоридов.

2 Хлорид редкоземельного элемента обычно находится в твердом состоянии и вызывает коррозию. Он часто содержит кристаллизационную воду и растворим в воде. При хранении во влажной атмосфере впитывает влагу вплоть до растворения в ней. Он может вступать в реакцию со щелочью, сульфатом натрия или сульфатом аммония.

5.2.3 **карбонат *редкоземельного элемента*:** Соединение, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и карбонат-ион. rare earth carbonate

Примечания

1 Карбонат индивидуального редкоземельного элемента содержит преимущественно один редкоземельный элемент. Смешанный карбонат редкоземельных элементов содержит два или более редкоземельных элемента в виде карбонатов.

2 Карбонат редкоземельного элемента находится в виде порошка. Он содержит кристаллизационную воду и растворим в кислоте. При температуре более 300 °С он разлагается.

3 Смешанный карбонат редкоземельных элементов получают из концентрата редкоземельных элементов (4.2.6), обычно с помощью химической переработки. Он имеет такое же распределение редкоземельных элементов (3,8), как и в сырье.

5.2.4 **гидроксид *редкоземельного элемента*:** Соединение, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и гидроксид-ион. rare earth hydroxide

Примечания

1 Гидроксид индивидуального редкоземельного элемента преимущественно содержит один редкоземельный элемент. Смешанный гидроксид редкоземельных элементов содержит два или более редкоземельных элемента в виде гидроксидов.

2 Гидроксид редкоземельного элемента может вступать в реакцию с кислотой и CO_2. Гидроксид трехвалентного церия нестабилен на воздухе и легко окисляется до $Ce(OH)_4$. Он будет разлагаться при температуре от 200 °С.

Пример — Гидроксид лантана, гидроксид церия (IV).

5.2.5 **фторид *редкоземельного элемента*:** Соединение, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и фтор. rare earth fluoride

Примечания

1 Фторид индивидуального редкоземельного элемента преимущественно содержит один редкоземельный элемент. Смешанный фторид редкоземельных элементов содержит два или более редкоземельных элемента в виде фторида.

2 Фторид редкоземельного элемента представляет собой твердое вещество, порошок, может вызывать коррозию. Содержит кристаллизационную воду. Может вступать в реакцию со щелочью.

5.2.6 **нитрат *редкоземельного элемента*:** Соединение, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и нитрат-ион. rare earth nitrate

Примечания

1 Нитрат индивидуального редкоземельного элемента преимущественно содержит один редкоземельный элемент. Смешанный нитрат редкоземельных элементов содержит два или более редкоземельных элемента в виде нитратов.

2 Нитрат редкоземельного элемента находится в кристаллическом состоянии, содержит кристаллизационную воду, легко растворим в воде, может вступать в реакцию со щелочью.

5.2.7 **сульфат *редкоземельного элемента*:** Соединение редкоземельных элементов, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и сульфат-ион. rare earth sulfate

Примечания

1 Сульфат индивидуального редкоземельного элемента преимущественно содержит один редкоземельный элемент. Смешанный сульфат редкоземельных элементов содержит два или более редкоземельных элемента в виде сульфатов.

2 Сульфат редкоземельного элемента представляет собой твердое вещество, порошок, содержит кристаллизационную воду, легко растворим в воде, может вступать в реакцию со щелочью.

5.2.8 **оксалат *редкоземельного элемента*:** Соединение, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и оксалат-ион. rare earth oxalate

Примечания

1 Оксалат индивидуального редкоземельного элемента преимущественно содержит один редкоземельный элемент. Смешанный оксалат редкоземельных элементов содержит два или более редкоземельных элемента в виде оксалатов.

2 Оксалат редкоземельного элемента находится в кристаллическом состоянии и является коррозионным и токсичным, содержит кристаллизационную воду, разлагается при температуре 800 °С превращаясь в оксид.

5.2.9 **фосфат *редкоземельного элемента*:** Соединение, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и фосфат-ион. rare earth phosphate

Примечание — Фосфат индивидуального редкоземельного элемента преимущественно содержит один редкоземельный элемент. Смешанный фосфат редкоземельных элементов содержит два или более редкоземельных элемента в виде фосфатов.

5.2.10 **сульфид *редкоземельного элемента*:** Соединение редкоземельных элементов, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и серу. rare earth sulphide

Примечания

1 Сульфид индивидуального редкоземельного элемента содержит преимущественно один редкоземельный элемент. Смешанный сульфид редкоземельных элементов содержит два или более редкоземельных элемента в виде сульфидов.

2 Сульфид редкоземельных элементов находится в виде порошка. Он легко разлагается. Он может вступать в реакцию с кислотой.

5.2.11 **ацетат *редкоземельного элемента*:** Соединение, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и ацетат-ион. rare earth acetate

Примечания

1 Ацетат индивидуального редкоземельного элемента содержит преимущественно один редкоземельный элемент в виде ацетата. Смешанный ацетат редкоземельных элементов содержит два или более редкоземельных элемента в виде ацетатов.

2 Ацетат редкоземельного элемента находится в кристаллическом состоянии. Он содержит кристаллизационную воду и растворим в воде. Обладает гигроскопичностью. Он может вступать в реакцию со щелочью.

5.2.12 **цитрат *редкоземельного элемента*:** Соединение, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и цитрат-ион. rare earth citrate

Примечания

1 Цитрат индивидуального редкоземельного элемента содержит преимущественно один редкоземельный элемент. Смешанный цитрат редкоземельных элементов содержит два или более редкоземельных элемента в виде цитратов.

2 Цитрат редкоземельного элемента представляет собой твердое вещество, порошок. Содержит кристаллизационную воду, растворим в воде. Может вступать в реакцию со щелочью.

5.2.13 **гексаборид *редкоземельного элемента*:** Соединение, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и бор. rare earth hexaboride

Примечание — Гексаборид получают восстановлением оксида редкоземельных элементов (5.2.1) карбидом бора (или чистым бором).

6 Термины, относящиеся к процессу производства редкоземельных элементов

6.1 Производство редкоземельного концентрата

6.1.1 **производство редкоземельного концентрата:** Совокупность процессов, обеспечивающих концентрирование редкоземельных минералов (3.2) из редкоземельных руд (3.3) физическими и физико-химическими методами обогащения. production of rare earth mineral concentrate

6.1.2 **производство концентрата из ионно-адсорбционной редкоземельной руды:** Процесс, используемый для извлечения ионов редкоземельных элементов из ионно-адсорбционной глины редкоземельных минералов (3.2) химическими методами и либо осаждением их в виде осадка смешанных редкоземельных элементов, либо концентрированием редкоземельных элементов в раствор. production of ion adsorption concentrate from ion adsorption clay

6.2 Гидрометаллургия редкоземельных элементов

6.2.1 **разложение редкоземельной руды или концентрата:** Способ, используемый для обогащения редкоземельной руды (3.3) или концентрата гидрометаллургическим способом с выщелачиванием редкоземельных элементов (3.1) в раствор. decomposition of rare earth ore or concentrate

Примечание — Для разложения используют выщелачивание растворами кислот и щелочей. Для улучшения выщелачивания РЗЭ из руды или концентрата предварительно их могут подвергать пирометаллургической обработке.

6.2.2 **разделение редкоземельных элементов:** Процесс, используемый для разделения смеси редкоземельных элементов (3.1) на отдельные редкоземельные элементы или группы элементов. rare earth separation

Примечание — Для разделения редкоземельных элементов в основном используют такие процессы, как экстракция органическими экстрагентами, ионный обмен, дробная кристаллизация, окисление/восстановление, ионообменное хроматографическое разделение, высокоэффективная жидкостная хроматография, электрофорез, молекулярное распознавание и электролиз. В промышленных масштабах чаще всего используется экстракция органическими экстрагентами. Разделение возникает в результате разницы в коэффициентах распределения для различных редкоземельных ионов.

6.2.3 **процесс осаждения:** Способ извлечения соединений редкоземельных элементов в твердом виде из водного раствора путем добавления подходящего химического реагента.

precipitation process

6.2.4 **обжиг соединений редкоземельных элементов:** Обработка соединений редкоземельных элементов при повышенных температурах для получения оксидов редкоземельных элементов (5.2.1).

rare earth compound roasting

Примечание — Операции обжига использовались для обработки соединений редкоземельных элементов, таких как карбонаты, гидроксиды и оксалаты, с получением оксидов редкоземельных элементов.

Приложение А
(справочное)

Характеристики индивидуальных редкоземельных металлов и оксидов

Таблица А.1 — Редкоземельные *металлы*

Наименование	Символ	Характеристики
Лантан	La	Серебристый металл, относящийся к группе 3 (ранее IIIA) периодической таблицы элементов Д.И. Менделеева. Его важнейшей рудой является бастнезит, из которого он выделяется с помощью процесса ионного обмена. Существует два природных изотопа: лантан-139 (стабильный) и лантан-138 (период полураспада от 10^{10} до 10^{15} лет). Металл, будучи пирофорным, используется в сплавах для кремней зажигалок, а оксид используется в некоторых оптических стеклах. Однако наибольшее применение лантан находит в качестве катализатора при крекинге сырой нефти
Церий	Ce	Серебристый металл, встречающийся в алланите, бастнезите, церите и монаците. Четыре изотопа встречаются в природе: церий-136, церий-138, церий-140 и церий-142; было идентифицировано 15 радиоизотопов. Церий входит в состав мишметалла, сплава редкоземельных металлов, содержащего 25 % церия, и в кремнях зажигалок. Оксид используется в стекольной промышленности
Празеодим	Pr	Мягкий серебристый металл, встречающийся в бастнезите и монаците. Единственным встречающимся в природе изотопом является празеодим-141, который не является радиоактивным; однако было получено 14 искусственных радиоизотопов. Он используется в мишметалле, редкоземельном сплаве, обычно содержащем 5 % празеодима, и в кремнях зажигалок. Другая смесь редкоземельных элементов, содержащая 30 % празеодима, используется в качестве катализатора при крекинге сырой нефти. Это ценный компонент постоянных магнитов NdFeB
Неодим	Nd	Мягкий серебристый металл, встречающийся в бастнезите и монаците. В природе встречается семь изотопов, все из которых стабильны, за исключением неодима-144, который слабо радиоактивен (период полураспада от 10^{10} до 10^{15} лет). Получено семь искусственных радиоизотопов. Металл используется для окрашивания стекла в сиренево-фиолетовый цвет и придания ему дихроичности. Также входит в состав мишметалла (18 % неодима) и в сплавах неодим-железо-бор для магнитов
Прометий	Pm	Мягкий серебристый металл, в природе встречается только в виде изотопа прометий-147, который имеет очень короткий период полураспада — всего 2,52 года. Искусственно получено восемнадцать других радиоизотопов, но у них очень короткий период полураспада. Единственным источником этого элемента являются ядерные отходы. Прометий-147 представляет интерес как источник энергии, образующейся в результате бета-распада. Для этого сначала необходимо удалить прометий-146 и прометий-148, которые испускают проникающее гамма-излучение
Самарий	Sm	Мягкий серебристый металл, встречающийся в монаците и бастнезите, а также в некоторых глинистых ионных рудах. Существует семь природных изотопов, все из которых стабильны, за исключением самария-147, который слабо радиоактивен (период полураспада $2{,}5 \times 10^{11}$ лет). Металл используется в специальных сплавах для изготовления частей ядерных реакторов в качестве поглотителя нейтронов. Оксид самария (Sm_2O_3) используется в небольших количествах в специальных оптических стеклах. Наибольшее применение этот элемент находит в ферромагнитном сплаве $SmCo_5$, который делает постоянные магниты в несколько раз сильнее большинства других магнитоматериалов
Европий	Eu	Мягкий серебристый металл европий встречается в небольших количествах в бастнезите, монаците и других минералах РЗЭ. В природе встречается два стабильных изотопа: европий-151 и европий-153, оба из них являются поглотителями нейтронов. Экспериментальные сплавы европия были опробованы для частей ядерных реакторов, однако, до недавнего времени этот металл не был доступен в достаточном количестве. Он широко использовался в форме оксида для телевизионных экранов, люминесцентных ламп и т. д.

Окончание таблицы А.1

Наименование	Символ	Характеристики
Гадолиний	Gd	Мягкий серебристый металл гадолиний встречается в гадолините, ксенотиме, монаците и других минералах. Известно семь стабильных природных изотопов и одиннадцать искусственных изотопов. Среди всех элементов два природных изотопа, гадолиний-155 и гадолиний-157, являются лучшими поглотителями нейтронов. Этот металл нашел ограниченное применение в ядерной технологии и в составе ферромагнитных сплавов (вместе с кобальтом, медью, железом и церием). Соединения гадолиния используются в электронных компонентах
Тербий	Tb	Серебристый металл тербий встречается в апатите, ксенотиме и ионных глинах. Существует только один природный изотоп, тербий-159, который является стабильным. Было выявлено семнадцать искусственных изотопов. Он используется в качестве легирующей примеси в полупроводниковых приборах и в магнитах NdFeB
Диспрозий	Dy	Мягкий серебристый металл диспрозий встречается в апатите, гадолините, ксенотиме и других минералах. Существует семь природных изотопов и было выявлено двенадцать искусственных изотопов. Он находит ограниченное применение в некоторых сплавах в качестве поглотителя нейтронов, в частности, в ядерной технологии, но особенно важен в постоянных магнитах NdFeB
Гольмий	Ho	Мягкий серебристый металл гольмий встречается в апатите, ксенотиме и в некоторых других редкоземельных минералах. Существует один природный изотоп, гольмий-165, и было получено восемнадцать искусственных изотопов. Этот элемент не нашел применения
Эрбий	Er	Мягкий серебристый металл эрбий встречается в апатите, гадолините и ксенотиме. Существует шесть природных изотопов, которые являются стабильными, и известно двенадцать искусственных изотопов. Он использовался в сплавах для ядерной технологии, поскольку является поглотителем нейтронов. Он исследуется на предмет других потенциальных применений
Тулий	Tm	Мягкий серый металл тулий встречается в апатите и ксенотиме. Существует один природный изотоп, тулий-169, и было получено семнадцать искусственных изотопов. Для этого элемента нет существенных применений
Иттербий	Yb	Серебристый металл иттербий встречается в гадолините, монаците и ксенотиме. Известно семь природных и десять искусственных изотопов. Он используется в некоторых сталях
Лютеций	Lu	Серебристый металл лютеций является наименее распространенным из редкоземельных элементов. Существует два природных изотопа: лютеций-175 (стабильный) и лютеций-176 (период полураспада $2{,}2 \times 10^{10}$ лет). Этот элемент используется в качестве катализатора и в некоторых современных медицинских устройствах *в составе детекторов позитронно-эмиссионной томографии*
Скандий	Sc	Скандий — редкий мягкий серебристый металл, относящийся к группе 3 (ранее IIIA) периодической таблицы элементов Д.И. Менделеева. Скандий часто встречается в лантаноидных рудах. Единственным природным нерадиоактивным изотопом является скандий-45, и существует девять радиоактивных изотопов, все с относительно коротким периодом полураспада. *Применяется в качестве легирующей добавки в алюминиевые сплавы*
Иттрий	Y	Серебристо-серый металл иттрий обычно встречается в лантаноидных рудах. Природным изотопом является иттрий-89, и существует четырнадцать известных искусственных изотопов. Металл используется в сверхпроводящих сплавах и позволяет создавать сильные постоянные магниты (в обоих случаях вместе с кобальтом). Оксид (Y_2O_3) используется в люминофорах цветных телевизоров и люминесцентных ламп, лазерах, легированных неодимом, и компонентах микроволновых печей. Химически он напоминает лантаноиды, образуя ионные соединения, содержащие ионы Y^{3+}

Таблица А.2 — Оксиды индивидуальных редкоземельных элементов

Продукт	*Степень окисления*	Общая химическая формула	Цвет
Оксид лантана	3+	La_2O_3	Белый
Оксид церия	3+, 4+	CeO_2	Светло-желтый или белый
Оксид празеодима	3+, 4+	Pr_6O_{11}	Черный или коричневый
Оксид неодима	3+	Nd_2O_3	Светло-голубой, фиолетовый
Оксид прометия	3+	Pm_2O_3	Синтезированный, белый
Оксид самария	2+, 3+	Sm_2O_3	Белый или светло-желтый
Оксид европия	2+, 3+	Eu_2O_3	Белый или светло-розовый
Оксид гадолиния	3+	Gd_2O_3	Белый
Оксид тербия	3+, 4+	Tb_4O_7	Коричневый
Оксид диспрозия	3+	Dy_2O_3	Белый
Оксид гольмия	3+	Ho_2O_3	Светло-желтый
Оксид эрбия	3+	Er_2O_3	Розовый
Оксид тулия	3+	Tm_2O_3	Зеленовато-белый
Оксид иттербия	2+, 3+	Yb_2O_3	Белый
Оксид лютеция	3+	Lu_2O_3	Белый
Оксид скандия	3+	Sc_2O_3	Белый
Оксид иттрия	3+	Y_2O_3	Белый

Приложение ДА
(справочное)

Алфавитный указатель терминов

ацетат редкоземельного элемента 5.2.11
бастнезит 4.1.1
гексаборид редкоземельного элемента 5.2.13
гидроксид редкоземельного элемента 5.2.4
глина ионная 4.2.2
глина ионно-адсорбированная 4.2.2
карбонат редкоземельного элемента 5.2.3
карбонатит/щелочные интрузии 4.2.3
коры выветривания карбонатитов 4.2.4
концентрат редкоземельный 4.2.6
ксенотим 4.1.3
лопарит 4.1.5
месторождение редкоземельных элементов 3.4
минерал редкоземельный 3.2
монацит 4.1.2
нитрат редкоземельного элемента 5.2.6
обжиг соединений редкоземельных элементов 6.2.4
оксалат редкоземельного элемента 5.2.8
оксид редкоземельного элемента 5.2.1
ОРЗЭ 5.2.1
примесь нередкоземельная 3.11
примесь редкоземельная 3.10
россыпи прибрежно-морские 4.2.5
продукт редкоземельный разделенный 5.1.4
производство концентрата из ионно-адсорбционной редкоземельной руды 6.1.2
производство редкоземельного концентрата 6.1.1
процесс осаждения 6.2.3
разделение редкоземельных элементов 6.2.2
разложение редкоземельной руды или концентрата 6.2.1
распределение редкоземельных элементов 3.8
руда ионная 4.2.2
руда месторождения Баюнь-Обо 4.2.1
руда редкоземельная 3.3
руда редкоземельная ионно-адсорбционная 4.2.2
ресурсы минеральные редкоземельные и запасы полезных ископаемых 3.6
смешанное соединение элементов редкоземельных 5.1.2
содержание редкоземельных элементов 3.7
содержание редкоземельных элементов общее 3.7
соединение индивидуального редкоземельного элемента 5.1.1
соединение, содержащее редкоземельный элемент 5.1.3
средняя молярная масса смешанных соединений редкоземельных 3.9
сульфат редкоземельного элемента 5.2.7
сульфид редкоземельного элемента 5.2.10
уровень редких земель 3.5
фергусонит 4.1.4
фосфат редкоземельного элемента 5.2.9
фторид редкоземельного элемента 5.2.5
хлорид редкоземельного элемента 5.2.2
цитрат редкоземельного элемента 5.2.12
чистота редкоземельных элементов 3.12
чистота редкоземельных элементов абсолютная 3.12
чистота редкоземельных элементов относительная 3.13
элемент редкоземельный 3.1

Библиография

[1] International Union for Pure and Applied Chemistry (IUPAC). Nomenclature of Inorganic Chemistry: IUPAC Recommendations 2005. IUPAC Red Book. RSC Publishing, 2005. (Международный союз теоретической и прикладной химии (IUPAC). Номенклатура неорганической химии. Рекомендации IUPAC 2005. Красная Книга IUPAC. Издательство RSC Publishing, 2005)
ISBN 0-85404-438-8

УДК 669.85.86:006.354

ОКС 01.040.13
13.030.30

Ключевые слова: редкоземельные элементы, редкоземельные металлы, редкоземельные минералы, редкоземельные оксиды

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 14.07.2023. Подписано в печать 19.07.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2,10.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru