

АННОТАЦИЯ
к монографии

«

(INDUSTRIAL WASTE OF CHEMICAL - METALLURGICAL INDUSTRIES CONTAINING RARE AND RARE EARTH METALS: METHODS FOR OBTAINING PRIMARY CONCENTRATES)»

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ, СОДЕРЖАЩИЕ РЕДКИЕ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ: СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРВИЧНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

Автор: Аймбетова Индира Оразгалиевна

В монографии рассмотрены методы переработки техногенных отходов с целью извлечения редких и редкоземельных металлов, включая переработку ванадиевых катализаторов и получение концентратов редких и редкоземельных металлов из различных сред. Описанная технология позволяет увеличить извлечение промышленных металлов в первичные продуктивные материалы. Частично затронуты актуальные вопросы утилизации промышленных отходов.

Будущим инженерам редкометальной промышленности важно обладать базовыми знаниями о методах получения редких и редкоземельных элементов. В данной монографии представлен ряд исследований по выборочному извлечению редких металлов из различного сырья, которые структурированы в три этапа: физико-химическая подготовка сырья, извлечение редких металлов в технологический раствор и выделение редких металлов из технологических растворов в первичные мицеллы.

Содержание монографии включает лабораторные методы исследования состава комплексных руд и техногенных отходов, являющихся источниками редких металлов. В монографии описаны основные промышленные и генетические типы комплексных руд и техногенных отходов, используемых в металлургии. Приведены основные принципы отбора проб и методы лабораторных исследований, позволяющие определять химический и минералогический состав руд, а также их технологические свойства. Представлены методы исследования редкометаллических и полиметаллических материалов, что позволяет дать промышленную оценку руде.

При проведении лабораторных исследований, основываясь на разработанных технологиях извлечения редких и редкоземельных металлов, инженеры и студенты технических специальностей получают представление о современном уровне технологий. В частности, изучение химического состава сырья предполагает знакомство с принципами работы и устройством современного оборудования, такого как масс-спектрометр с индуктивно-связанной плазмой VARIAN-820MS, сканирующий растровый электронный микроскоп JSM-6490LV и дублетчевой спектрофотометр Cary-50 Scan. Выполнение таких работ позволяет молодым специалистам и студентам технических направлений познакомиться с актуальными задачами гидрометаллургии на современном этапе развития химической промышленности.

В работе рассмотрены отходы химико-металлургической промышленности, включая фосфорные отходы (фосфошлам и фосфогипс), отвальные кеки и пыль свинцового производства, вскрышные породы угольных месторождений, золошлаковые отходы ТЭЦ, отвальные пульпы хвостохранилищ полиметаллического комбината АО «Ачполиметалл», а также урановые растворы подземного выщелачивания (маточники сорбции). По результатам физико-химического анализа образцов выявлено низкое содержание редких и редкоземельных металлов, за исключением пылей свинцового производства и урановых растворов, где содержание редких металлов оказалось выше. В связи с этим была изучена возможность применения окислительно-восстановительных параметров для рения, кадмия и других элементов на диаграммах Пурбе, что обосновало использование окислителей для рения и кадмия. Было установлено, что ионное состояние редкоземельных металлов в этих отходах находится в высших степенях окисления, поэтому их дополнительное окисление не требуется. Это позволило рекомендовать применение марганцевого окислителя для ряда других металлов с широким диапазоном степеней окисления.

Определены физико-химические свойства марганцевого концентрата, фосфогипса и пылей свинцового производства. Изучение редких металлов в урановых растворах будет продолжено на этапах 4-5 проекта. В настоящее время исследуются физико-химические свойства растворов для извлечения редких и редкоземельных металлов. Пыли свинцового производства были проанализированы на элементный и фазовый состав, после чего проведены процессы выщелачивания редких металлов. Определены оптимальные параметры выщелачивания, такие как температурный режим, соотношение твердой и жидкой фаз, концентрация выщелачивающего раствора и расход окислителя (диоксида марганца). Оптимальные условия выщелачивания аглопылей с марганцевым концентратом в растворах серной кислоты: 15% марганцевого концентрата по массе, концентрация серной кислоты 1,0 моль/дм³, Ж:Т=3:1, температура 80 °C, продолжительность 1 час. В этих условиях в раствор извлекается 91% рения, 90% кадмия, 92% цинка и 96% марганца.

В разделе физико-химического анализа сырья рассмотрено текущее развитие масс-спектрометрии, что создает условия для поддержки наукоемкого производства, разработки и создания новых технологий и оборудования. Казахстан, придерживаясь инновационного пути развития, нуждается в развитой масс-спектрометрической инфраструктуре. В соответствии с этим была разработана методика анализа твердых и жидкых проб редких и редкоземельных металлов.

Основной вклад в общее содержание редкоземельных металлов (РЗМ) дают La (13-18%), Ce (38-44%) и Nd (18-19%), что составляет до 81% от их общего содержания. Эти пропорции сохраняются для всех исследованных урановых месторождений, что позволяет говорить о схожести их микроэлементного состава по РЗМ.

Наиболее перспективными для извлечения рения и РЗМ являются месторождения Акдала, Кендала и ПВ-19.

Изучен метод извлечения РЗМ с использованием предварительного селективного осаждения железа при $\text{pH}=3,8$, а затем совместного осаждения РЗМ и алюминия при $\text{pH}=9,5$. При повышении pH до 3,8 железо осаждается до следов, а содержание алюминия снижается в два раза. При дальнейшем увеличении pH до 9,5 алюминий осаждается полностью, а содержание РЗМ в растворе уменьшается на 90-97%, что позволяет получить коллективный концентрат с 2,5-3,5% суммы РЗМ.

Проведены лабораторные исследования по извлечению РЗМ из отработанного раствора месторождения ПВ-19, в котором концентрация РЗМ составляет 30 мг/дм³, железа – 0,33-1,0 г/дм³, алюминия – 0,6 г/дм³. Методом совместного осаждения РЗМ и железа нейтрализацией раствора до $\text{pH}=9$ был получен коллективный концентрат, содержащий 1,5-2,5% суммы РЗМ.

Выполнены исследования по очистке основного компонента от примесей металлов, в частности, железа и алюминия. Предварительный концентрат редкоземельных металлов (РЗМ) можно получить с извлечением 93-99% в осадок гидроокисей путем селективного осаждения. Для этого на первом этапе проводится отделение гидроокиси железа при pH до 4,0, а затем соосаждение гидроокисей РЗМ с гидроокисью алюминия при $\text{pH}=7$. При дальнейшем увеличении pH происходит осаждение гидроокиси магния, что нежелательно, поскольку оно приводит к разбавлению концентрата и препятствует растворению $\text{Al}(\text{OH})_3$ в NaOH из-за образования $\text{Mg}(\text{AlO}_2)_2$. Для получения более богатого концентрата РЗМ может быть применено переосаждение оксалатов или гидратов из азотнокислого раствора.

Рассмотрены два варианта технологической схемы получения редкоземельных элементов (РЗЭ):

1. Первый вариант предусматривает нейтрализацию исходного раствора аммиаком, при которой соосаждение алюминия минимизируется. В ходе нейтрализации в диапазоне $\text{pH}=3,5-5,0$ проводится контроль концентрации алюминия и суммы РЗМ, достигая максимального осаждения $\text{Al}(\text{OH})_3$ (до 90%) и минимального осаждения $\text{Ln}(\text{OH})_3$ (до 10%). После удаления осадка гидратов $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и $\text{Al}(\text{OH})_3$ из раствора можно приступить к извлечению лантаноидов путем осаждения фосфатов лантаноидов с добавлением Na_3PO_4 или доведением pH до 7,5. Полученные осадки $\text{Al}(\text{OH})_3\text{Ln}(\text{OH})_3$ или $\text{AlPO}_4\text{LnPO}_4$ затем обрабатывают раствором NaOH (10%) для получения первичного концентрата РЗЭ, который растворяют в серной кислоте и осаждают щавелевой кислотой для выделения $\text{Ln}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ без примесей.

2. Второй вариант ориентирован на растворы урановой промышленности, которые перемешиваются в чанах с аммиачной водой. Поддерживается непрерывная подача аммиачной воды по ГОСТ 9-92, 10/21,5/31,5 со скоростью 10 л/мин/м³ до достижения $\text{pH}=5,0$. Затем раствор фильтруется, и осадок гидратов железа направляется в хвостовой отвал. Очищенный раствор снова подается на перемешивание с аммиаком до $\text{pH}=7,5$, что позволяет осадить до 99% суммы РЗМ в виде гидроокисей. Полученная суспензия фильтруется, а осадок растворяется в 7 л серной кислоты на м³ осадка при $\text{pH}=2,0-2,5$ с разогревом раствора. Далее при быстром охлаждении осаждаются алюмокалиевые квасцы. Осветленный раствор перемешивается с аммиаком или едким натрием для получения гидратных форм РЗМ, либо с оксалатом аммония или сульфатом натрия для осаждения оксалатов или двойных сульфатов РЗМ. Полученные соли РЗМ перерабатываются методом термического разложения для получения окислов лантаноидов.

Эти методы позволяют эффективно отделять примеси и получать высококачественные концентраты редкоземельных металлов, что способствует дальнейшему развитию технологий переработки РЗМ.

Монография адресована инженерно-техническим и научным специалистам, работающим в области теории и практики металлургических процессов и геоэкологии, а также переработки техногенных отходов. Она может быть полезна студентам, магистрантам и докторантам технических вузов по направлениям «Геоэкология», «Металлургия» и «Химическая технология».

Review

on the monograph of Aimbetova I.O. "Industrial waste of chemical - metallurgical industries containing rare and rare earth metals: methods of obtaining primary concentrates"

The enterprises of the mining and metallurgical industry in Kazakhstan are distinguished by a variety of processed raw materials, the complexity and multistage of production processes cause a huge release of technological solutions and dumps, an increased degree of their pollution with ecotoxins. In this regard, technological solutions and dumps of metallurgical and chemical enterprises, quarry, mine and mine solutions are multicomponent technogenic sources of rare and rare-earth raw materials, their complex processing, respectively, will ensure the profitability of any production. Among the variety of technologies for the production of rare and rare-earth metals, it is possible to single out methods for the production of metals by cementation from technological solutions of industry as a promising direction, one of which was developed and presented in the monograph by Aimbetova I.O. on the topic: "Industrial waste of chemical - metallurgical industries, containing rare and rare earth metals: methods of obtaining primary concentrates." The authors have developed a number of methods for separating the investigated metals from accompanying impurities; in the end, concentrates of rare and rare-earth metals have been obtained. In this regard, the developed technology for the production of lanthanide compounds will make it possible to transfer off-balance natural and technogenic raw materials into the active balance.

Briefly about the structure of the study under review: Chapter 1 bears the title: "Analysis of the condition of technogenic formations and their impact on the environment." It presents the scientific results achieved by domestic and foreign researchers in the field of processing secondary raw materials to obtain rare and rare earth metals, the main scientific and technical solutions to the issues of utilization of technogenic raw materials are traced. The results of the material and mineralogical composition of the investigated materials, methods of physical and chemical analysis of rare earth metals, methods of obtaining a primary collective concentrate, etc. are presented.

In the second chapter, methods of extracting vanadium oxide from industrial waste are presented. Namely, from spent vanadium catalysts. This technology is currently used by LLP «Balausa», where the author of the monograph worked as the head of the chemical-technological laboratory, and supervised the technological processes at the factory.

The third chapter presents the main types of industrial wastes containing rare and rare earth metals, methods of obtaining and methods of purifying metal concentrates from associated impurities to obtain a final concentrate. The study of which is justified by the necessity, since the attempts of many researchers to repeatedly involve in the processing of unconventional raw materials over the past century have been unsuccessful.

The fourth chapter of the monograph presents the developed technological regulations and the results of pilot tests of the developed method for obtaining rare and rare earth metals, which is of scientific and practical importance for the development of technogenic deposits, which in turn will ensure the profitability of the production of its own compounds of concentrates rare and rare earth metals, and will increase the export potential Kazakhstan.

Each chapter contains a statement of the problem, its correct solution and reasonable conclusions. The results of the work correspond to the set goals and objectives.

Summarizing the above, the monograph by Aimbetova I.O. on the theme: "Industrial wastes of chemical - metallurgical industries containing rare and rare earth metals: methods of obtaining primary concentrates" is a completed research work and can be published for dissemination of research results in a wide scientific space.

**Doctor of Chemical Sciences,
Laureate of the State Prize of the
Republic of Kazakhstan, Professor of the
South Kazakhstan University named after
M. O. Auezov**

Nadirov K.S.



Review

on the monograph of Aimbetova I.O. "Industrial waste of chemical - metallurgical industries containing rare and rare earth metals: methods of obtaining primary concentrates"

The industry's demand for non-ferrous, rare and rare-earth metals is constantly growing, since their use largely determines the development of the strategic, scientific and technical base of Kazakhstan. The use of known methods of obtaining these metals from traditional sources of raw materials does not fully meet the ever increasing volumes of their use. Therefore, the task of developing new effective methods of extracting rare and rare-earth metals from unconventional sources of raw materials and technogenic low-concentration wastes of metallurgical and chemical industries is urgent.

There are ways to extract the elements under consideration, which can be obtained quite efficiently and rationally from various technogenic waste and other products extracted along the way. Among these methods of obtaining rare and rare-earth metals, it is possible to distinguish methods for obtaining the above-mentioned metals from industrial technological solutions by fractional precipitation, the technology of which is presented in the monograph by Aimbetova I. O. on the topic: "Industrial waste of chemical - metallurgical industries containing rare and rare earth metals: methods of obtaining primary concentrates". The authors have developed a number of methods for separating lanthanides from accompanying impurities, and as a result, collective concentrates of rare and rare-earth metals are obtained. In this regard, the development of new innovative technologies for processing technogenic waste is associated both with the production of lanthanide compounds and with the further prospect of involving off-balance natural and technogenic raw materials in the active balance.

The theme of the monograph is directly aimed at developing a technology for the integrated use of unconventional raw materials in the southern region of Kazakhstan. The monograph presents the results of the material and mineralogical composition of the materials under study, methods of physico - chemical analysis of rare earth metals, methods for obtaining primary collective concentrate, methods for purifying metal concentrates from associated impurities to obtain a final concentrate with a REE content of up to 85-90%. The study of which is justified by the necessity, since the attempts of many researchers to repeatedly involve in the processing of unconventional raw materials over the past century have been unsuccessful.

The monograph of Aimbetova I. O. has scientific and practical significance for the development of technogenic deposits containing rare and rare earth metals, which will ensure the profitability of the production of its own lanthanide compounds and concentrates, and will increase the export potential of Kazakhstan.

The new scientific results obtained by the author were discussed in international and domestic scientific and practical conferences, scientific articles were published in scientific peer-reviewed journals. The review of methods for obtaining concentrates was carried out in wide circles, the author proposed a number

of methods to solve the problem thoroughly, taking into account the best achievements of the levels of science and technology.

The monograph presents information on the state and prospects of development of hydrometallurgy of rare and rare earth metals, the state and problems of training engineering personnel for non-ferrous metallurgy. The problem of involving non-traditional types of raw materials containing rare and rare-earth elements in the active balance is revealed in the work through a comparative study of methods of fractional deposition of pre-oxidized accompanying metals, physico-chemical analysis of raw materials and technology products, as well as features of the nature of the origin of the materials under study.

The monograph is of scientific and practical interest for metallurgists, ecologists, chemical technologists, doctoral students, masters students and undergraduate students of technical universities.

Each chapter contains a statement of the problem, its correct solution and reasonable conclusions. The results of the work correspond to the set goals and objectives.

Summarizing the above, the monograph by Aimbetova I.O. on the topic: "Industrial waste of chemical - metallurgical industries containing rare and rare earth metals: methods of obtaining primary concentrates" is a completed research work that contains solutions to scientific and practical problems, which is the basis for its publication.

**PhD, associate professor of the
KazNRTU named after K.I.Satbayev**



Baigenzhenov O.S.

Отзыв

на монографию Аймбетовой И.О. на тему: «Техногенные отходы химической и металлургической промышленности, содержащие редкие и редкоземельные металлы: проблемы и их решения»

Предприятия горно-металлургической отрасли Казахстана отличаются разнообразием перерабатываемого сырья, сложность и многоэтапность производственных процессов обуславливают огромный выброс технологических растворов и отвалов, повышенную степень их загрязненности экотоксикантами. В связи с этим технологические растворы и отвалы металлургических и химических предприятий, карьерные, шахтные и рудничные растворы являются многокомпонентными техногенными источниками редкого и редкоземельного сырья, комплексная переработка их соответственно обеспечит рентабельность любого производства. Среди разнообразия технологий по получению редких и редкоземельных металлов можно выделить способы получения металлов цементацией из технологических растворов промышленности как перспективное направление, один из которых разработана и представлена в монографии Аймбетовой И.О. Автором разработаны ряд способов разделения исследуемых металлов от сопутствующих примесей, в конечном результате получены концентраты редких и редкоземельных металлов. В связи с этим, разработанная технология получения соединений лантаноидов дает возможность перевода в активный баланс забалансового природного и техногенного сырья.

Кратко о структуре рецензируемого исследования: Глава 1 носит название: «Анализ состояния техногенных образований и их воздействие на окружающую среду». Здесь представлены научные результаты, достигнутые отечественными и зарубежными исследователями в области переработки вторичного сырья с получением редких и редкоземельных металлов, прослежены основные научно-технические решения вопросов по утилизации техногенного сырья. Представлены результаты вещественного и минералогического состава исследуемых материалов, методы физико-химического анализа редкоземельных металлов, способы получения первичного коллективного концентрата и т.д.

Во второй главе представлены основные виды отходов промышленности, содержащие редкие и редкоземельные металлы, способы получения и методы очистки концентратов металлов от сопутствующих примесей с получением чистового концентрата. Изучение которых обосновано необходимостью, так как попытки многих исследователей неоднократно вовлечь в переработку нетрадиционного сырья на протяжении прошлого века оказывались малоуспешными.

В третьей главе монографии представлен разработанный технологический регламент и результаты проведенных опытно-промышленных испытаний разработанного метода получения редких и

редкоземельных металлов, представляющую научную и практическую значимость по разработке техногенных месторождений, что в свою очередь обеспечит рентабельность производства собственных соединений концентратов РиРЗМ, и позволит увеличить экспортный потенциал Казахстана.

Полученные автором новые научные результаты были обсуждены в международных и отечественных научно-практических конференциях, научные статьи были опубликованы в научных рецензируемых журналах. Обзор методов по получению концентратов проведен в широких кругах, авторы подошли к решению проблемы основательно с учетом наилучших достижений уровня науки и техники.

Обобщая вышесказанное, монография Аймбетовой И.О. является законченной научно-исследовательской работой и может быть опубликован для распространения результатов исследований в широком научном пространстве.

Доцент кафедры «Лабораторные дисциплины» Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Ясави, кандидат химических наук

А.К. Мамырбекова

