Записки Ленинградского Горного института, т. IX, вып. 2, 1935
Annales de l'Institut des Mines à Leningrade, vol. IX, livr. 2, 1935

К вопросу изучения рассеянных редких элементов

Инж. Эд. П. Либман

Concerning the study of disperse rare elements

Ing. E. P. Libman

Происшедшие в первой пятилетке огромные сдвиги в области открытий, геологической разведки и промышленного освоения месторождений редких элементов полностью опрокинули «авторитетные» утверждения геологов старой, дореволюционной школы о бедности наших недр рудами вольфрама, молибдена, сурьмы, урана и ряда других сравнительно редких элементов.

В результате современной промышленной добычи руд этих элементов в Восточно-Сибирском крае, на территории северного и восточного Казакстана, в Средней Азии, на Урале и в других металлоносных районах Советский союз с полным правом может считать себя счастливым обладателем целого ряда месторождений важнейших в народнохозяйственном отношении редких элементов, распространение коих известно в недрах только немногих стран.

Достигнутые успехи в геологическом изучении редких элементов объясняются, главным образом, изжитием социалистической наукой и практикой дореволюционных традиций Российского геологического комитета, который десятилетиями топтался на старых рудных точках без использования результатов теоретических обобщений для промышленно-технической деятельности. В деле изучения рудно-сырьевой базы редких элементов примат чистой науки веял над геологами царской России.

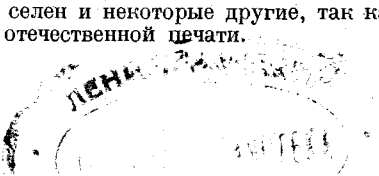
Так было в прошлом.

В настоящее время руководящие идеи в советской геохимии позволяют со всей определенностью утверждать, что в многочисленных рудных и минеральных образованиях месторождений нашей страны, несомненно, концентрируются даже такие распыленные в земной коре редкие элементы, как таллий, германий, цезий, церий, индий, галлий, кадмий, гафний, рений и др.[1]

Перечисленные элементы обычно не образуют самостоятельных месторождений, и их добыча основывается на том, что они входят в небольших количествах в состав некоторых руд черных и цветных металлов и других видов минерального сырья.

Рожденная первой пятилеткой промышленность редких металлов еще не включила в свою орбиту добычу и переработку распыленных редких элементов, уже занявших в передовых капиталистических странах ответственные места в ряде новых производств и имеющих неуклонную тенденцию к расширению области применений. Эти элементы насегодня уже добываются за границей если не тоннами, то во всяком случае центнерами, причем их получение проводится в большей или меньшей связи и наряду с другими металлургическими и химическими процессами.

[1] Мы исключили из изложения встречающиеся в виде незначительных примесей в различных рудах молибден, ванадий, висмут, селен и некоторые другие, так как получение и использование их достаточно освещены в отечественной печати.



Мы высказываем серьезные опасения, что актуальность для социалистической индустрии проблемы переработки рассеянных редких элементов до настоящего момента не нашла должного выражения и оценки в современных работах Главредмета. Вместо подлинной большевистской борьбы за овладение техникой получения этих элементов, руководящие научные работники Главредмета занимаются рассуждениями общего порядка, заявляя: «здесь же необходима (в области изучения и получения рассеянных элементов) относительно длительная и систематическая работа и научные искания в прямом и широком смысле этого слова», — с чем мы, конечно, согласны. И дальше: «поэтому проводить такого рода работу возможно только при условии, что положение не требует срочной выдачи продукции».

Автор этого более чем странного заявления — научный руководитель Гиредмета, И. Я. Башилов. [1] Нам кажется, что полемизировать с т. Башиловым на тему — требуются ли уже сейчас, в данный момент, наиболее редкие элементы — бессмысленное занятие. Ведь логически нельзя допустить такой возможности, чтобы техническая структура социалистической промышленности настолько резко отличалась от технической структуры промышленности передовых капиталистических стран, чтобы наша фактическая потребность в более редких элементах была насегодня значительно ниже, чем, например, в Германии и в других странах.

Замечательные физико-химические свойства распыленных редких элементов явились притягательной силой для ученых всего мира в поисках новых источников их получения для нужд различных отраслей промышленности.

Достаточно хорошо известен тот факт, что в истории открытия рения решающую роль сыграла материальная помощь Сименса и Гальске, которые и владеют всеми связанными с этим элементом патентами.

В Европе все патенты на гафний монопольно приобретены голландским концерном Филипса (Philips), близким к германским электротехническим концернам (А. Е. G., Сименса и др.).

Об исключительном интересе капиталистической техники к скорейшему освоению распыленных редких элементов говорят следующие цифры: таллию к настоящему времени посвящено свыше 300 научно-исследовательских работ, из них на долю советских исследователей приходится всего около 6%.

Открытому в 1925 г. элементу рению, по авторитетному заявлению Paul M. Tyler,[2] за последние годы уже посвящено несколько сот отдельных научных статей и монографий. Только в целях выяснения распространения рения в природе, в лабораториях германского Физико-технического института были произведены анализы около 1 800 земных и 60 космических минералов.

Насколько можно судить по скупо проникающим в печать сведениям, а также по патентной литературе, в изучении, производстве и, очевидно, в применении распыленных редких элементов в данный момент значительная роль принадлежит Германии.

Публикуемые в Старом и Новом свете сведения по расширению применения рассеянных редких элементов в технике носят общий и к тому же туманный характер, так как все сколько-нибудь интересное в этой области держится в секрете.

Общее для всех элементов рассматриваемой группы — их практическое использование не в виде готовых фабрикатов, а главным образом (в чистом виде или в сплавах между собою) в качестве добавок к другим металлам. [2]

Буржуазные ученые считают, что при получении этих элементов отпадают все технические и экономические проблемы, возникающие у таких металлов, как медь, свинец, цинк, олово, никель, магний, алюминий, железо и благородные металлы, при переработке их из полуфабриката в готовый продукт.

В статье «Редкие и малые металлы на выставке «Немецкий народ — немецкий труд» [3] читаем: «основные проблемы и их разрешение при работе с редкими металлами концентрируются исключительно вокруг получения таковых из руд и изготовления из них специальных сплавов». И дальше: «отсюда ясно, что промышленность редких металлов, являясь ключом для других отраслей металлопромышленности, приобретает чрезвычайное значение». Точку

---

[1] И. Я. Башилов, Направление научно-исследовательских работ в Гиредмете,— журнал «Редкие металлы», № 4, 1934.

[2] См. «Mining and Metallurgy», январь 1934.

[3] См. Dr. Werner Sachs, Die Nebenmetalle auf der Ausstellung «Deutsches Volk— Deutsche Arbeit» (см. журн. Metall und Erz, Heft 17, 1934).

зрения д. Закса Вернера разделяют его коллеги, заявляя: целые области и возможности сбыта— в первую очередь для железа и стали, а затем и для других металлов — были открыты лишь благодаря улучшению или изменению их свойств при сплавлении с тем или другим из редких металлов, и что весьма значительная часть современных технических проблем (с высокими требованиями к качеству материалов) могла быть разрешена только лишь при помощи редких металлов и их сплавов.

1. Применение рассеянных элементов в промышленности

Начнем наш обзор с таллия.

Химические свойства этого элемента так в свое время поразили I. B. A. Dumas, что он назвал его Ornitherherhvnehus, т. е. утконосом в зверинце химических элементов.

«Таллию, писал I. B. A. Dumas, суждено сделать эпоху в истории химии тем удивительным контрастом, который проявляется между его химическим характером и физическими свойствами. Не будет преувеличением, если с точки зрения общепринятой классификации металлов скажем, что таллий объединяет в себе противоположные свойства, которые позволяют назвать его парадоксальным металлом-утконосом».

Таллий применяется в производстве фотоэлементов и автоматических электросигнализаторов, реагирующих на свет. Свойство таллия — давать при замещении им щелочных металлов, входящих в состав стекла, продукт более плотный и с большей преломляющей способностью, чем свинцовое стекло — используется в изготовлении таллиевых зеркал. Двойные соли таллия со свинцом имеют высокую точку плавления. Сплавы свинец-таллий-олово являются высокотемпературными припоями. Свинцовые сплавы таллия, содержащие от 20 до 65% последнего, давно известны как наиболее нерастворимые сплавы. Электролиз расплавленных солей обоих металлов был исследован в 1930 г. Колин Финком и К. К. Конрадом, которые нашли, что плотные осадки сплава, содержащего приблизительно 70% свинца (самый экономный сплав среди нерастворимых сплавов), получаются при электролизе обоих металлов.

Таллий, введенный в поверхностный слой железа, стали, меди и т. д., придает им кислотоупорность. Сплав, содержащий 10% Tl, 20% Sn и 70% Pl, сопротивляется разъедающему действию смесей серной, азотной и соляной кислот. Этот сплав рекомендуется к применению в качестве анода при электролитическом осаждении меди. Хлористый таллий нашел применение в вольфрамовых лампах. Оксисульфат таллия показывает светочувствительность бо́льшую, чем у селена, и соответствующий фотоэлемент «таллофид» нашел значительное применение. Наконец токсикологические свойства таллия были использованы фабрикой F. Bauer'a в Леверкрузене, которой были выпущены в продажу очень сильные по своему отравляющему действию органические препараты, содержащие таллий, под названием Zelio (в виде зерен и пасты).

Рений является вторым по тугоплавкости металлом, что обещает ему самое широкое применение в электро- и химической промышленности. По новейшим данным рений с успехом применяется в качестве катализатора в лабораторной работе и в технологии изготовления электрических и электронных ламп.

Электротехнические исследования свойств рения сосредоточены в концерне Сименса, получение его — на германских «Объединенных химических заводах» в Леопольдсгалле, а производство сплавов — в концерне Осрам. [1]

Теллур применяется для освобождения воды от бактерий, в изготовлении детекторов и вулканизации каучука. Прибавление диэтил-теллурида к газолину повышает коэфициент полезного действия моторов внутреннего сгорания. Теллуровая резина и теллуристое олово получили уже вполне промышленное применение. Использование теллура при электролизе значительно повысило спрос на него. Современная цена теллура — 2 доллара за английский фунт.

Церий, как и некоторые другие редкие элементы, обладает фотоэлектрическими свойствами, уменьшая электрическое сопротивление под действием света, при большой чувствительности к волнам разной длины. Сплав цериевых металлов, приготовленный из окислов,

[1] По данным The Mineral Industry, на «Объединенных химических заводах в Леопольдсгалле в 1933 г. получено до 150 *кг* рения и 60 *кг* галлия. Сырьем служили медные сланцы Мансфельда, где каждый из указанных элементов содержится в пропорции 1 части на 5 000 000 частей руды.

получаемых в качестве побочных продуктов при извлечении тория из монацита, применяется под названием «мишметалла» в качестве восстановителя для получения ряда металлов из их окисей.

Нитрат церия применяется в производстве сеток для газовых ламп. Церий, или мишметалл, образует основу пирофорных искровых сплавов в производстве зажигателей. Церий находит все большее применение в стекольной промышленности. Цериевое стекло (стекло Крукса) хотя пропускает световые лучи, но преломляет ультрафиолетовые и большую часть тепловых лучей. Соединения церия имеют применение в медицине; они предложены в качестве катализаторов для краски, дубления и фотографии. За 1933 г. мировое потребление церий-содержащих искровых сплавов достигло 2000 *т*.

Германий применяется для изготовления светящихся составов, в производстве специальных сортов стекла и в медицине.

Известно, что добавка только 1,2—1,6 проц. металлического германия к легким алюминиевым сплавам, типа «дюралюминий», «лауталь» и «люднер», не увеличивая веса этих сплавов, в то же время повышает их сопротивление разрыву, т. е. увеличивает их прочность (германский патент 484395, сентябрь 1929).

Индий настолько мягкий металл, что его можно царапать ногтем. В иностранных обозрениях указано (см., например, статью «Rare Metals в журнале «Mining and Metallurgy», январь 1934 г.), что применение индия представляет исключительный интерес для специальных отраслей электротехники. В Англии в 1927 г. была запатентована добавка 0,5—3,5% индия к различным металлосплавам.

Электролитическое покрытие индием цветных металлов дает хорошую защиту от коррозии. Некоторые соединения индия оказались якобы хорошим средством борьбы с сонной болезнью. Низкая точка плавления (155°) наряду с высокой точкой кипения (около 1450°) допускает возможность использования индия в технике измерительных и электровакуумных приборов.

Продажная цена индия в 1933 г. составляла в среднем 90—100 долларов за унцию.

В Америке добыты десятки килограммов индия из руд, характер и местонахождение которых держатся в секрете.

Галлий применяется для изготовления светящихся сплавов, а также в производстве кислотоупорных изделий, в вакуумной технике, в каталитических процессах. Обладает свойством расширяться при переходе из жидкого состояния в твердое (как висмут).

Высокая точка кипения галлия делает его пригодным для изготовления термометров со шкалой от 500—1 000° С, для которых ртуть непригодна. Наибольший интерес представляют его сплавы с алюминием.

Добавка небольших количеств галлия к алюминию дает сплавы, хорошо поддающиеся горячей прокатке.

По сообщению Metals and Albus 1933 г., vol. 4, производство металлического галлия организовано в Леопольдсгалле (Германия) компанией «Объединенных химических заводов».

Кадмий. Современная техника знает уже о значительной роли, которую играет металлический кадмий в качестве защитных покрытий для ответственных металлоизделий и об экономической эффективности такого способа защиты металлов. Немецкие исследователи заявляют, что полуда из сплава кадмия и олова противостоит ржавлению много лучше, чем из чистого олова. Прибавка кадмия к меди, не изменяя почти электропроводности последней, значительно улучшает механические свойства ее (сопротивление разрыву, твердость). Вместе с цериевыми металлами кадмий применяется в изготовлении пирофорных составов. Широкое распространение получили кадмиевые аккумуляторы.

Цезий. В США в 1933 г. появилось много патентов на изготовление частей из цезия для светочувствительных автоматических электроаппаратов и для разрядных ламп. Свойство цезия — поглощать CO_2 — используется металлургией.

Некоторое применение цезий находит также в производстве фотокамер, приборов, служащих для передачи изображений, и др.

Гафний применяется в виде окислов в производстве электронных ламп. Имеются указания о применении гафния в производстве сверхогнеупоров.

II. Современные источники и пути получения рассеянных элементов

Каковы же современные промышленные источники получения рассмотренных выше редких элементов.

Мировая практика показывает, что ничтожно-малая концентрация этих рассеянных элементов в различных рудах и минералах допускает их практическую добычу только при крупном валовом тоннаже перерабатываемого ископаемого сырья, главным образом из отходов от переработки сульфидных руд цветных металлов и т. д. Например теллур получается из побочных продуктов медного производства, главным образом шламмов, получаемых при электролитической рафинировке меди. Добыча цезия в Германии покоится на базе страсфуртских карналлитов, что входит в круг деятельности северогерманских калийных фабрик.

Элемент индий в очень незначительном количестве находится в осадках, получаемых при очистке цинковых растворов перед электролизом их. Действием введенного в раствор металлического цинка индий выделяется вместе с кадмием, свинцом, оловом, сурьмой, медью и никелем. Отделяется индий обычно химической обработкой осадка, а окончательная очистка его производится электролизом. Согласно W. S. Murav [1] в настоящее время разработаны соответствующие промышленные способы извлечения индия из флотационных цинковых концентратов. В американской практике известны цинковые фабрики, где обрабатываются руды с содержанием индия равным 1 фунту на 2000 фунтов цинка.

Таллий в прошлом извлекали из пиритных огарков; сейчас единственный источник его — отходы при рафинировании кадмия. В США производство таллия широко постановлено компанией American Smelting Refining, которая добывает его как побочный продукт при производстве кадмия. Как известно, кадмий в свою очередь — продукт металлургической обработки цинкового сырья (см. ниже), и в таллии мы имеем, таким образом, заключительное звено в геометрической, примерно, прогрессии как количеств, так и ценности Zn : Cd : Tl.

В кадмиевом производстве основное сырье — кадмий-содержащая пыль — улавливается из обжиговых газов цинковых и свинцовых руд. Металлический кадмий получается путем улавливания его паров, возгоняемых в муфельных печах из кадмиевого сырья.

Для промышленной добычи рения в Германии используются некоторые отвалы сульфидных руд и отходы химических и металлургических производств. [2] Извлечение рения не представляет больших затруднений.

Германий извлекают из илов от переработки руд цветных металлов.

В ретортных остатках от перегонки цинка (раймовка) также концентрируется германий.

По новейшим данным, заметные количества германия имеются в золе некоторых углей, в особенности в низкозольных.

Галлий, будучи спутником цинка в рудах, отделяется в процессе электролиза цинка.

III. Рассеянные элементы в месторождениях СССР

Совершенно очевидно, что высокоразвитая, оснащенная новейшими достижениями науки, советская техника должна широко использовать замечательные, а часто вообще незаменимые физико-химические свойства редких элементов, побочных продуктов в многочисленных отраслях химии и металлургии.

Однако, при теперешнем положении, когда Главредмет еще не располагает точными анализами подавляющего большинства перерабатываемого металлургией и химпромышленностью природного ископаемого сырья по отдельным месторождениям в отношении содержания в них рассеянных редких элементов, приходится ограничиться скромным резюме о концентрации последних в недрах нашей страны на основании фактических данных.

О присутствии галлия в сульфидных рудах Риддера стало известно сравнительно недавно. Работами Платинового института Академии наук установлено, что основной носитель галлия в Риддерском рудном комплексе — цинковая обманка (см. табл. 1).

Из таблицы видно, что в электролитическом цинке заключаются только следы галлия. Это обстоятельство говорит за то, что весь содержащийся в цинковом концентрате галлий в процессе переработки скопляется в электролитической ванне.

Насколько нам известно, до настоящего момента в СССР не разработан метод извлечения галлия.

Теллуристые руды известны в нескольких местах СССР. На Урале встречается тетрадимит (теллуристый висмут). Теллуристые соединения серебра и свинца констатированы на Алтае,

[1] См. Ind. and Eng. Chem. News, vol. 11, oct. 1933.

[2] Эти рудные отвалы и отбросы обязательно должны иметь в своем составе в ничтожных количествах молибден.

в районе Заводинского рудника и в Забайкалье, в Амазарском районе, где на Хорочинском золотом прииске обнаружено месторождение теллуристых минералов с необычайно высоким (до 36%) содержанием теллура. Совсем недавно Одесским институтом редких элементов было получено 150 *г* теллура из коттрельной пыли Одесского сернокислотного завода.

Таблица 1

Продукт	Содержание галлия в 1 *кг*
Флотационный цинковый концентрат	7 *мг*
Флотационные хвосты	около 1 *мг*
Раймовка	6 *мг*
Электролитический цинк	0,1 *мг*
Перегнанный металл	1 *мг* [1]

В отношении гафния следует указать, что в хибинских эвдиалитах содержится 0,1% окиси гафния.

По G. Heves'y [2] содержание окиси гафния в цирконе из Миасса (Урал) определяется в 1,1%.

Наши знания о присутствии кадмия в цинковых рудах промышленных месторождений Союза сведены в нижеследующую табл. 2.

Таблица 2

Месторождения	Содержания кадмия на 100 единиц цинка
Садонский рудник	0,49
Кансай	1,40
Риддер	0,22
Тетюхэ	0,66
Кадаинский рудник	0,58
Алгачинский „	1,04
Карпушинский (полиметаллический)	0,20

На Риддере несколько лет назад велась работа по извлечению кадмия из цинковых растворов. Кадмий из этих растворов восстанавливается цинком, вместе с другими металлами. Отфильтрованные осадки, «кэки» служат в дальнейшем источником, откуда кадмий извлекается и осаждается электролизом в чистом виде. Однако и по сие время не разработан способ получения кадмия при очистке цинка дестилляцией.

За последнее время в Союзе производится добыча солей цезия из уральских лепидолитов для нужд электротехнической промышленности.

Большие практические горизонты открывает разработанный Одесским институтом редких элементов способ переработки хибинского ловчоррита на соли церия.

Большого внимания заслуживает обнаружение таллия в 1932 г. в соликамском карналите. С тех пор прошло два года, а проблема советского таллия существенно не продвинулась.

Рением в Союзе начали заниматься с 1931 г. по инициативе инженера Гиредмета Е. С. Кронмана.

Перу т. Кронмана принадлежит десяток статей, доказывающих необходимость получения рения из отечественного сырья. Практически вопрос сводится к систематическому обследованию на рений союзных руд и промышленных отвалов. Этого до сих пор не сделано.

Вот по существу все, что известно по источникам, заслуживающим доверия, о присутствии в некоторых месторождениях Союза интересующих нас элементов.

[1] Содержание галлия в 1 *кг* перегнанного металлического Zn (Алагир, Кавказ) около 0,3 *мг*.

[2] См. Das Element Hafnium, Berlin, 1927.

IV. Заключение

В борьбе за скорейшее освобождение СССР от импорта «рассеянных» редких элементов должна участвовать вся горная промышленность и научно-исследовательские институты, занимающиеся изучением природного ископаемого сырья, его добычей и переработкой. В деле создания мобильной сырьевой базы рассматриваемых элементов первоочередными задачами является конкретная количественная оценка значений тех или иных содержаний в рудах и в крупных отвалах практически ценных компонентов, рассеянных во всех промышленно-интересных месторождениях, и в первую очередь в месторождениях, вовлекаемых в ближайшие годы в эксплоатацию.

Для такого учета достаточно из более или менее крупного месторождения давать три-четыре генеральных пробы для анализов на возможно находящиеся в них рассеянные редкие элементы. В исключительных случаях, для более быстрой ориентировки, можно давать и отдельные обычные средние пробы, а иногда и образцы, в которых подозревается наличие концентрации рассеянных элементов.

Для познания минералогического состава важно четко поставить микроскопическое изучение руд, пород и шлифов и для изучения их химического состава широко развернуть весьма чувствительные физические методы анализа — спектроскопию и рентгеноспектроскопию. Особое внимание должно быть уделено изучению более редких элементов, присутствие которых может быть качественно определено рентгеноспектроскопическим анализом при концентрации порядка 0,01% элемента. В мировой практике известны классические примеры, показывающие многосторонность применения рентгеноскопии в интересующей нас области. Вот некоторые из них:

1) Одна литая деталь стала с некоторого времени показывать хрупкость, несмотря на то, что метод изготовления и обработки не изменился. Химический анализ не дал никаких указаний на изменение состава металла. Рентгеновская спектрограмма показала, что эти детали содержали германий, отсутствовавший в металле деталей нормального качества.

2) В шламме, представлявшем неиспользуемые отходы, был открыт рентгеноскопически элемент галлий, извлечение которого было затем поставлено.

3) В одном препарате был обнаружен рений, и возникло подозрение, что исходные материалы содержали его в незначительных количествах. Эти материалы и некоторые промежуточные продукты были растворены, и из них химически был выделен молибден. Рентгеновская спектрограмма показала в этом молибдене присутствие небольшого количества рения. На основании этого открытия в дальнейшем могло быть поставлено производство этого крайне редкого элемента.

Конечно, не следует забывать тех случаев, когда количество примесей столь незначительно, что приходится прибегать к помощи химических методов для концентрации их перед последующим рентгеноскопическим исследованием.

И наконец в Гинцветмете, Механобре и в других институтах практически важно сосредоточить производство анализов концентратов и продуктов обогащения тех руд, относительно которых уже получены указания на более значительное содержание рассеянных редких элементов. Выдающееся значение внедрения рентгеноскопического анализа в практику наших научно-исследовательских институтов, работающих в области исследования и обработки руд и минералов, определяется уже тем, что при широком развитии добычи бедных руд рентабельность разработки их значительно повышается при более полном извлечении из них полезных компонентов и при использовании всех редких элементов, рассеянных в рудах. К тому же, как известно, руды целого ряда месторождений нашей страны стоят на границе промышленного содержания в них основных полезных компонентов. Поэтому присутствие в них в концентрированной форме более редких элементов может оказаться до некоторой степени решающим в вопросе рентабельности разработки подобных месторождений в целом.

Таким образом мы видим, что рентгеноспектроскопический анализ — могущественное оружие, позволяющее установить содержание в рудах и минералах, металлургических продуктах, шламмах, шлаках и т. д. ценных редких элементов.

Нужно обратить внимание на необходимость разработки генетической классификации рудных месторождений Союза с точки зрения возможного наличия в них рассеянных редких элементов.

Ниже нами приводится предложенная H. Schneiderhöhn'ом[1] генетическая классификация рудных месторождений Германии, отдельные генетические типы которых являются коллекторами различных редких элементов.

Группа месторождений	Главные ряды							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
I. Изверженные породы	Rb Cs		Se					Ru Rh Pd
II. Ликвад-магматические				C Th	V		Re	Os Ir Pt
III. Пегматито-пнеуматолитовые . .	Li	Be	Be	Zr	Nb	W U	Ma	
			ELa[1]	Hf Th	Ta		Re	
IV. Гидротермальные				C		U		
	Второстепенные ряды							
I. Изверженные породы								
II. Ликвад-магматические								
III. Пегматито-пнеуматолитовые . .				Ge				
IV. Гидротермальные		Cd	Ga In Tl			Se Tl		

Примечание. Группа II — „ликвад-магматические" месторождения — по классификации H. Schneiderhöhn'a соответствует „эвмагматическим" и инъекционным месторождениям по русской классификации академика В. А. Обручева, а группа III — „пегматито-пнеуматолитовые" соответствует „пегматитам" и „эманационным" месторождениям.

[1] Включая и „редкие земли".

Резюмируя руководящие идеи, выдвигаемые H. Schneiderhöhn'ом, в связи с предложенной им классификацией рудных месторождений, практически важно заострить внимание на нижеследующем: роль редких элементов в группе пегматито-пнеуматолитовых месторождениях значительна. Эта генетическая группа — носительница Zr, Th, V, Ta, Nb и ряда других редких элементов. Месторождения гидротермального типа, в свете их современной изученности в Германии, в отношении редких элементов дают такую картину.

1. Роль редких элементов в рудах Au-Cu-Fe-As формации мало изучена.

2. Руды Pb-Ag-Zn формации содержат кроме главных металлов такие рассеянные редкие элементы, как Te, Ge, Bi, Cd, U, Se, In и др.

3. Руды Ag-Co-Ni-Bi-U-As формации как коллекторы рассеянных редких элементов не изучены. H. Schneiderhöhn считает, что соответствующее изучение этих руд под углом нахождения в них редких элементов совершенно необходимо.

Месторождения осадочного и диалитического типов представляют практическое значение в отношении редких элементов. Особый интерес представляют материковые месторождения выветривания, обогащенные глиноземом. Бокситы и железомарганцевые месторождения выветривания, обогащенные этими двумя металлами, всегда содержат также заметные количества более редких элементов. То же относится и к концентрационным месторождениям выветривания и к месторождениям серного цикла.

Пользуясь схемой H. Schneiderhöhn'a, можно уменьшить гамму подлежащих изучению руд, минералов, разных продуктов обработки последних, содержащих редкие элементы.

В заключение упомянем о некоторых обобщениях V. M. Goldschmidta и др. [2] в связи с анализами силикатных пород на присутствие в них рассеянных редких элементов.

Исследованию подвергались: 1) смесь 11 габбро, 2) смесь 14 гранитов, 3) смесь 22 лейкократовых нефелиновых сиенитов, 4) смесь 24 грейзенов из рудных гор, 5) смесь 36 глинистых сланцев. В следующей таблице изложены результаты исследований.

[1] См. журн. „Metallwirtschaft", № 46, 1932.

[2] См. V. M. Goldschmidt, H. Hauptmann und Cl. Peters über die Berücksichtigung «Seltener Elemente bei Gesteinanalyse». Die Naturwissenschaften, 1933, 21, H. 20, S. 363.

	Ga_2O_3	Sc_2O_2	GeO_2
Габбро	0,001	0,003	0,002
Граниты	0,002	0,0002	0,0005
Нефелиновые сиениты	0,002	0,0000	0,0003
Грейзены	0,007	0,0015	0,005
Глинистые сланцы	0,002	0,001	0,001

Полученные соотношения весьма интересны. Они подтверждают прежние предположени Goidschmidt'a о приуроченности тех или иных элементов к определенным группам пород (например скандий в габбро, германий в грейзене и т. д.)

По Goidschmidt'у в ряде случаев содержание указанных элементов значительно больше, чем показано в следующей таблице:

Содержание	Se_2O_3	в пироксенитах до	0,01%
"	Ga_2O_3	в нефелиновых сиенитах и грейзенах	0,01%
"	GeO_2	в нормальных изверженных породах	<0,01
		в углях	0,01
		в золе угля до	1,6%

Из этой таблицы видно, что весьма важно учитывать в анализах элементы, относимые к группе «рассеянных».

Summary

In this article the author points out the fact that in U. S. S. R. the extraction of disperse rare elements (gallium, indium, renium and s. o.) is not carried out. The modern informations are given here concerning the use of these elements for different purposes aswell as a description of the technological processes by means of which it is possible to extract these elements out of different ores and other natural gangue.

In this article is given a brief description of the deposits in U. S. S. R., where the presence of some disperse elements is known.

In the conclusion the author states the basic problema which stand before the mining industry and institutes of scientific research in connection with the study of disperse rare elemente