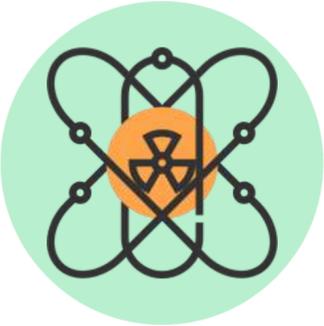




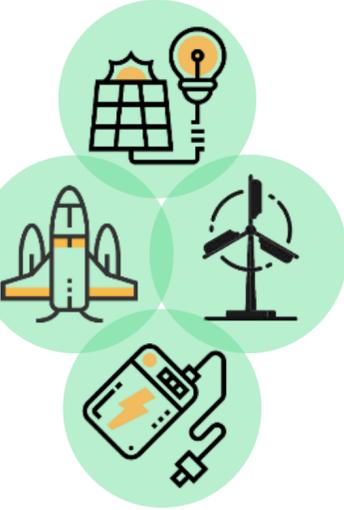
**Кафедра
технологии редких элементов и
наноматериалов
на их основе**

Химическая технология материалов ядерного топливного цикла

Использование редких элементов в современной науке и технике



Современная атомная энергетика основана на применении в качестве ядерного топлива урана, входящего в группу редких радиоактивных элементов. Наряду с ураном в атомной энергетике широко используются цирконий и ниобий при изготовлении тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов), бериллий - отражателей нейтронов, гадолиний, европий и самарий - поглотителей нейтронов, а большое число редких элементов - приборов, контролирующих работу ядерных реакторов. Литий находит применение как теплоноситель в ядерных реакторах на быстрых нейтронах, в датчиках тепловых нейтронов, а также как источник получения трития в разработках по созданию управляемых термоядерных реакторов.



Атомной энергетикой не исчерпываются области применения редких элементов. Научно-техническая революция, начавшаяся после Второй мировой войны, связана, прежде всего, с широким применением редких элементов. На применении редких элементов базируется развитие солнечной и ветровой энергетике (Росатом назначен ответственным в РФ за создании ветровой энергетике), авиационной и космической техники, микроэлектроники, производство лазеров, сверхмагнитных, сверхлегких, сверхтвердых, высокопрочных конструкционных материалов, химических источников тока (литий-ионные аккумуляторы), катализаторов нефтехимии и многих других областей современной промышленности, науки и техники.

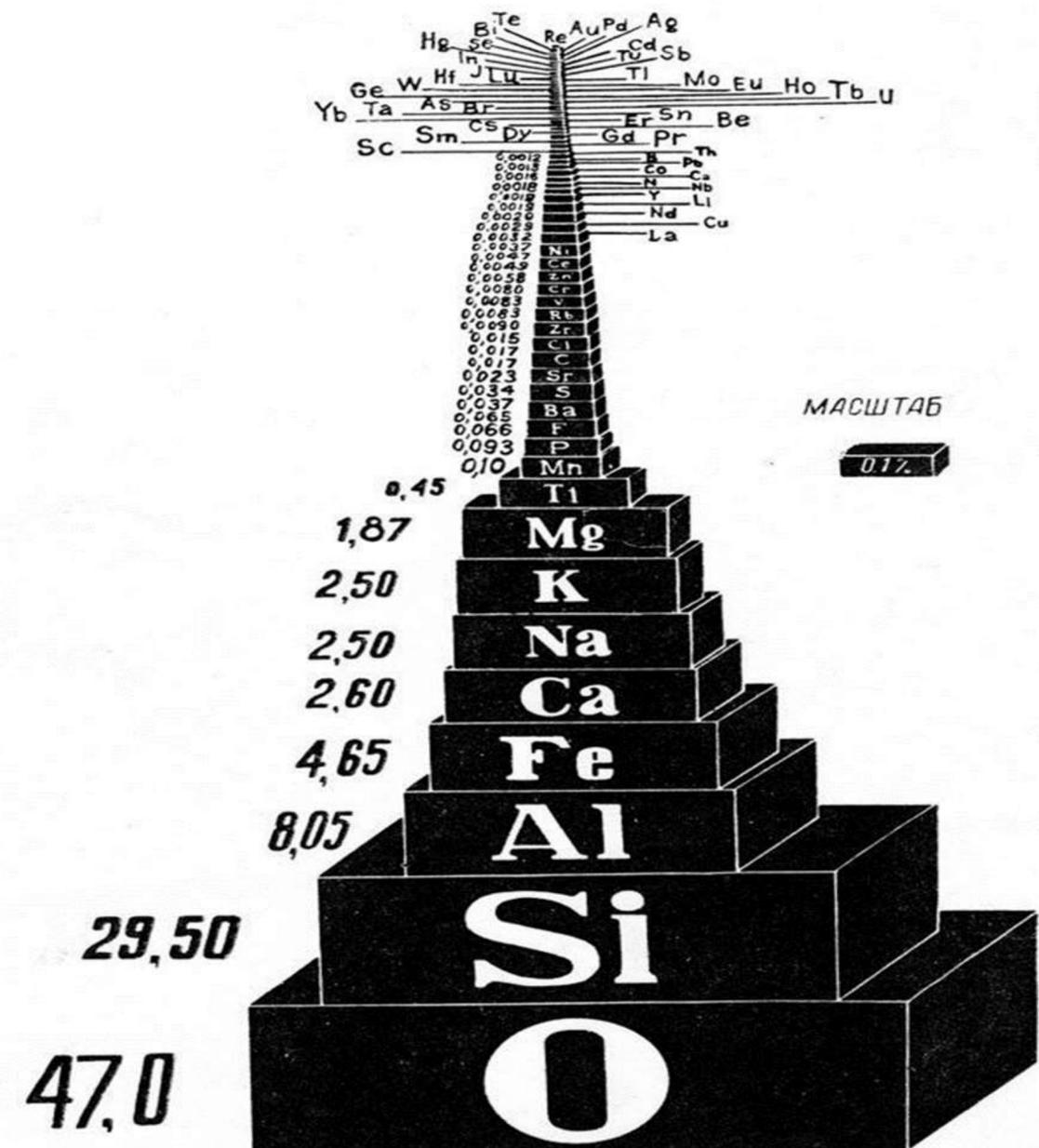


В настоящее время сложилось мнение, что промышленно-экономический уровень развития современных государств определяется масштабами потребления редких металлов. Как считают специалисты, редкие элементы - это своего рода витамины промышленности. И подобно тому, как живой организм не может полноценно развиваться без микрограммовых количеств витаминов, так и передовая современная промышленность невозможна без редких элементов.

Что такое редкие элементы

К группе редких элементов относятся не только элементы с низким содержанием в земной коре, но и элементы, содержание которых в земной коре сопоставимо или даже выше, чем некоторых широко используемых в повседневной жизни металлов, но которые не образуют собственных месторождений и находятся в земной коре в рассеянном состоянии (извлекают их попутно при переработке некоторых видов сырья на основные компоненты), а также элементы, образующие собственные достаточно крупные месторождения, но извлечение которых и получение в чистом состоянии вызывает существенные затруднения. Поэтому правильнее относить к редким элементам те элементы, которые нашли широкое применение в относительно недавнее время.

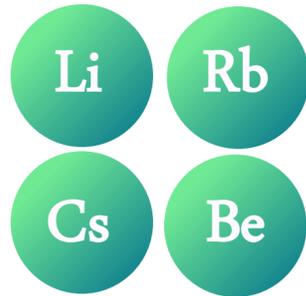
Нижеприведенная пирамида наглядно показывает распространенность химических элементов в земной коре. В "шпиле" уместились редкие и некоторые малораспространенные металлы. В вершине расположился рений — наименее распространенный в земной коре и одновременно рассеянный элемент (его содержание $n \cdot 10^{-8}$ мас. %).



Редкие элементы в таблице Д.И. Менделеева

Период	Ряд	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ												
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII					
I	1	(H)							H ¹ 1,00797 Водород	He ² 4,0026 Гелий	Обозначение элемента Атомный номер Li ³ 6,939 Литий Относительная атомная масса			
II	2	Li ³ 6,939 Литий	Be ⁴ 9,0122 Бериллий	B ⁵ 10,811 Бор	C ⁶ 12,01115 Углерод	N ⁷ 14,0067 Азот	O ⁸ 15,9994 Кислород	F ⁹ 18,9984 Фтор	Ne ¹⁰ 20,179 Неон					
III	3	Na ¹¹ 22,9898 Натрий	Mg ¹² 24,305 Магний	Al ¹³ 26,9815 Алюминий	Si ¹⁴ 28,086 Кремний	P ¹⁵ 30,9738 Фосфор	S ¹⁶ 32,064 Сера	Cl ¹⁷ 35,453 Хлор	Ar ¹⁸ 39,948 Аргон					
IV	4	K ¹⁹ 39,102 Калий	Ca ²⁰ 40,08 Кальций	Sc ²¹ 44,956 Скандий	Ti ²² 47,90 Титан	V ²³ 50,942 Ванадий	Cr ²⁴ 51,996 Хром	Mn ²⁵ 54,9380 Марганец	Fe ²⁶ 55,847 Железо	Co ²⁷ 58,9330 Кобальт	Ni ²⁸ 58,71 Никель			
	5	Cu ²⁹ 63,546 Медь	Zn ³⁰ 65,37 Цинк	Ga ³¹ 69,72 Галлий	Ge ³² 72,59 Германий	As ³³ 74,9216 Мышьяк	Se ³⁴ 78,96 Селен	Br ³⁵ 79,904 Бром	Kr ³⁶ 83,80 Криптон					
V	6	Rb ³⁷ 85,47 Рубидий	Sr ³⁸ 87,62 Стронций	Y ³⁹ 88,905 Иттрий	Zr ⁴⁰ 91,22 Цирконий	Nb ⁴¹ 92,906 Ниобий	Mo ⁴² 95,94 Молибден	Tc ⁴³ [99] Технеций	Ru ⁴⁴ 101,07 Рутений	Rh ⁴⁵ 102,905 Родий	Pd ⁴⁶ 106,4 Палладий			
	7	Ag ⁴⁷ 107,868 Серебро	Cd ⁴⁸ 112,40 Кадмий	In ⁴⁹ 114,82 Индий	Sn ⁵⁰ 118,69 Олово	Sb ⁵¹ 121,75 Сурьма	Te ⁵² 127,60 Теллур	I ⁵³ 126,9044 Иод	Xe ⁵⁴ 131,30 Ксенон					
VI	8	Cs ⁵⁵ 132,905 Цезий	Ba ⁵⁶ 137,34 Барий	La* ⁵⁷ 138,91 Лантан	Hf ⁷² 178,49 Гафний	Ta ⁷³ 180,948 Тантал	W ⁷⁴ 183,85 Вольфрам	Re ⁷⁵ 186,2 Рений	Os ⁷⁶ 190,2 Осмий	Ir ⁷⁷ 192,2 Иридий	Pt ⁷⁸ 195,09 Платина			
	9	Au ⁷⁹ 196,967 Золото	Hg ⁸⁰ 200,59 Ртуть	Tl ⁸¹ 204,37 Таллий	Pb ⁸² 207,19 Свинец	Bi ⁸³ 208,980 Висмут	Po ⁸⁴ [210]* Полоний	At ⁸⁵ [210] Астат	Rn ⁸⁶ [222] Радон					
VII	10	Fr ⁸⁷ [223] Франций	Ra ⁸⁸ [226] Радий	Ac** ⁸⁹ [227] Актиний	Rf ¹⁰⁴ [261] Резерфордий	Db ¹⁰⁵ [262] Дубний	Sg ¹⁰⁶ [263] Сиборгий	Bh ¹⁰⁷ [262] Борий	Hs ¹⁰⁸ [265] Хассий	Mt ¹⁰⁹ [266] Мейтнерий	110			
Лантаноиды*	58 Ce 140,12 Церий	59 Pr 140,907 Празеодим	60 Nd 144,24 Неодим	61 Pm [147]* Прометий	62 Sm 150,35 Самарий	63 Eu 151,96 Европий	64 Gd 157,25 Гадолиний	65 Tb 158,924 Тербий	66 Dy 162,50 Диспрозий	67 Ho 164,930 Гольмий	68 Er 167,26 Эрбий	69 Tm 168,934 Тулий	70 Yb 173,04 Иттербий	71 Lu 174,97 Лютеций
Актиноиды**	90 Th 232,038 Торий	91 Pa [231] Протактиний	92 U 238,03 Уран	93 Np [237] Нептуний	94 Pu [244] Плутоний	95 Am [243] Америций	96 Cm [247] Кюрий	97 Bk [247] Берклий	98 Cf [252]* Калифорний	99 Es [254] Эйнштейний	100 Fm [257] Фермий	101 Md [257] Менделевий	102 No [255] Нобелий	103 Lr [256] Лоуренсий

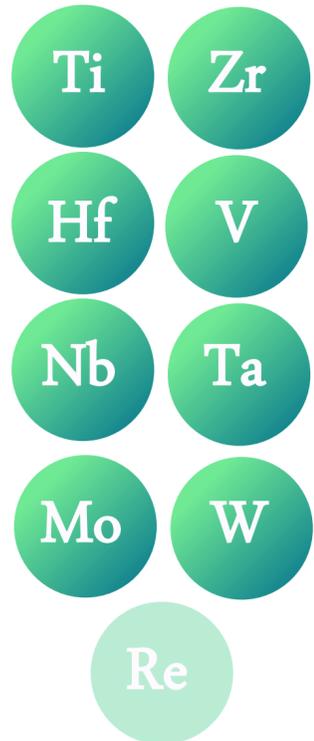
Классификация редких элементов



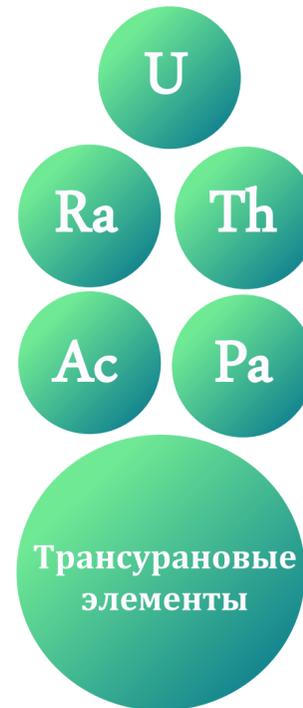
Легкие редкие элементы



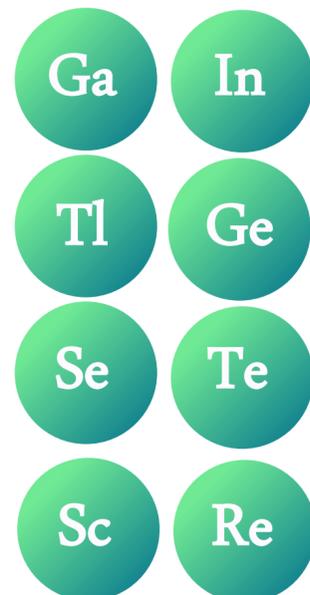
Редкоземельные элементы



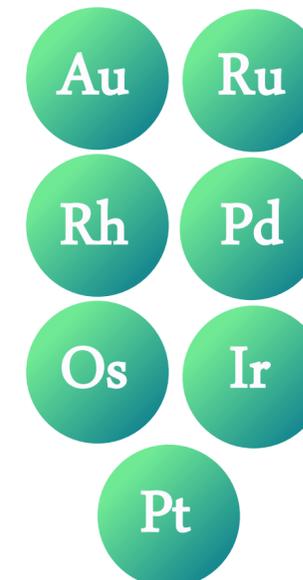
Тугоплавкие редкие металлы



Радиоактивные редкие элементы



Рассеянные редкие элементы



Благородные редкие металлы

Уранинит U_3O_8 — основной
минерал урана



Полупродукт производства урана -
полиураниат аммония (желтый кек)



Ядерное топливо — таблетки из UO_2



ТВЭЛы



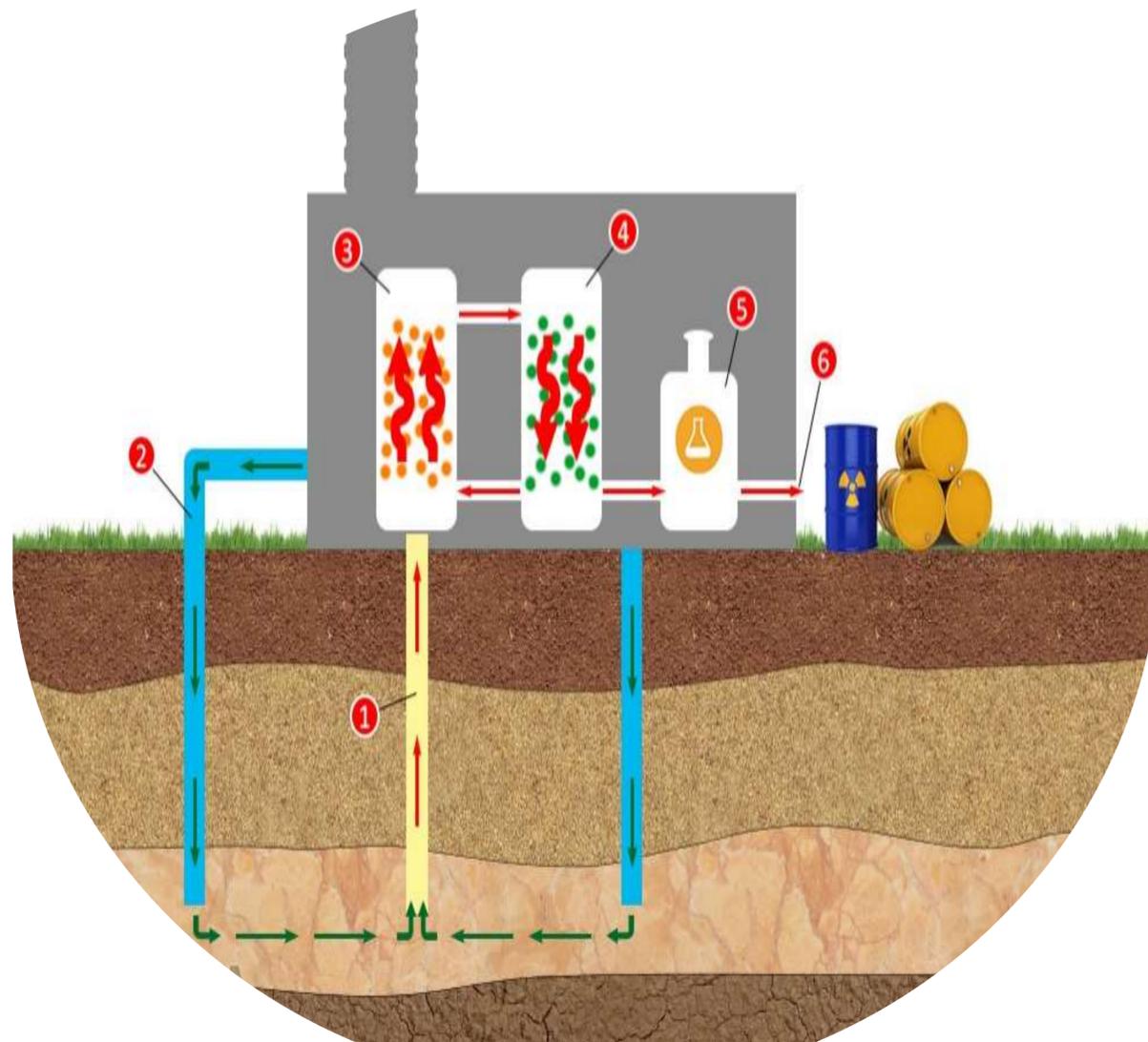
Урановые рудники на месторождениях

Хиагда (Бурятия) и

Далур (Курганская область)



Подземное выщелачивание урана



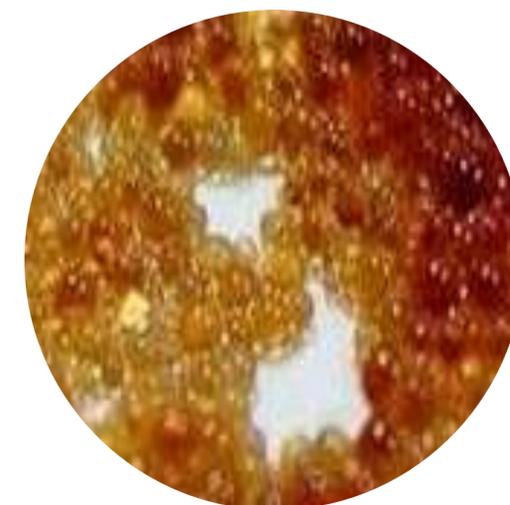
- 1 продуктивный раствор, содержащий уран
- 2 раствор H_2SO_4 и оборотный раствор на выщелачивание урана
- 3 сорбция урана
- 4 десорбция урана
- 5 осаждение полиураната аммония
- 6 полиуранат аммония на дальнейшую переработку

Сорбционная установка для извлечения

урана из растворов



Ионообменная смола для сорбционного извлечения урана



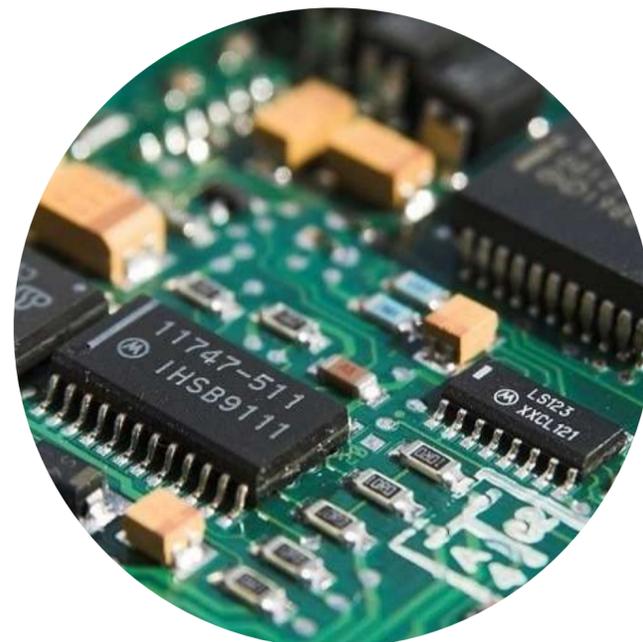
Сверхпроводящие материалы на базе Nb
позволили создать настолько сильные магниты,
что скоростные поезда
на воздушной подушке, развивающие скорость до
580 км/ч, уже построены и эксплуатируются



Фрагмент адронного колайдера,
изготовленного из сплава Nb



Типичная микросхема (в состав элементной базы
входят Ge, In, Ga и др. редкие элементы)



Авиационный турбореактивный двигатель,
изготовленный из «суперсплава» на основе
W, Mo, Ta, Re, Ni, Co



Космический корабль «Энергия».
Облицован сплавом Sc с Al



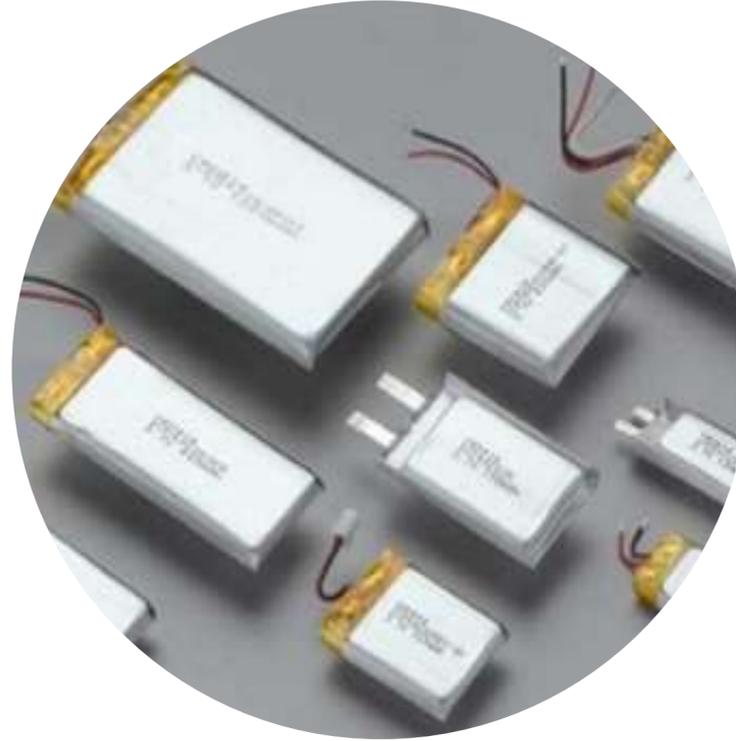
Газовая турбина из сплава W, Mo и др. металлов



Банковские слитки Au чистотой 99,995 %



Литий-ионные источники тока



Ветряные энергетические установки
(в каждой содержится до 200 кг Nd)



Солнечные батареи
(основа - In, Ga, Ge и их соединения)



Некоторые минералы редких элементов

Сподумен $\text{LiAl}(\text{Si}_2\text{O}_6)$



Берил $\text{Al}_2[\text{Be}_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})]$



Циркон $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$



Монацит $(\text{Ln}, \text{Th})[\text{PO}_4]$



В связи с низким содержанием большинства редких элементов в земной коре, а также с рассеянностью многих из них или трудностью переработки руд других, для извлечения редких элементов из рудного сырья, разделения и получения в высокочистом состоянии впервые были разработаны новые современные технологические процессы, которые в настоящее время начали использоваться в других областях химической промышленности, в металлургии цветных металлов, в технологии наноматериалов, в природоохранных технологиях. В основе технологии редких элементов, как правило, лежат гидрометалургические технологии, или сочетание гидрометалургических и пирометалургических технологий.

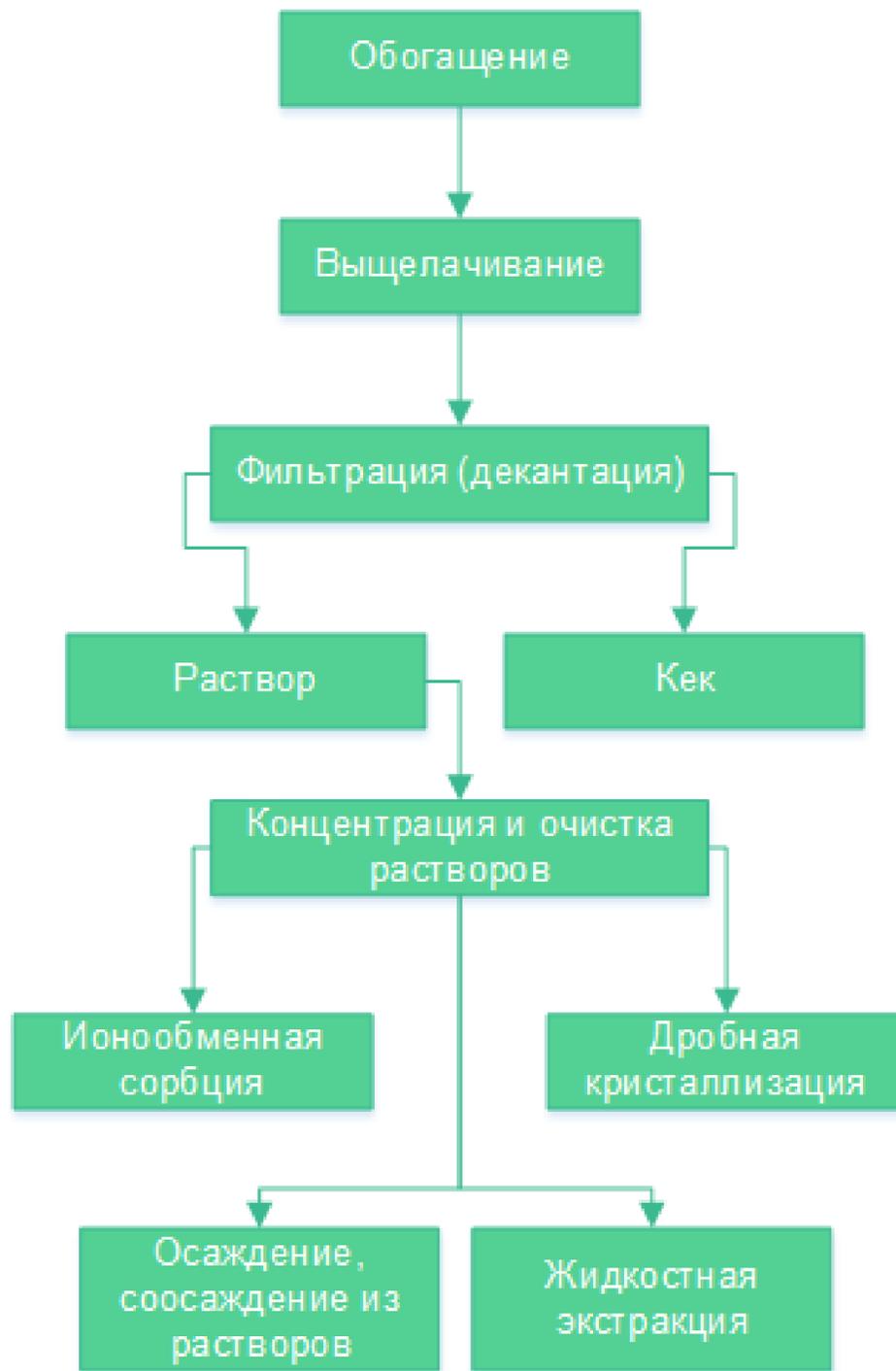
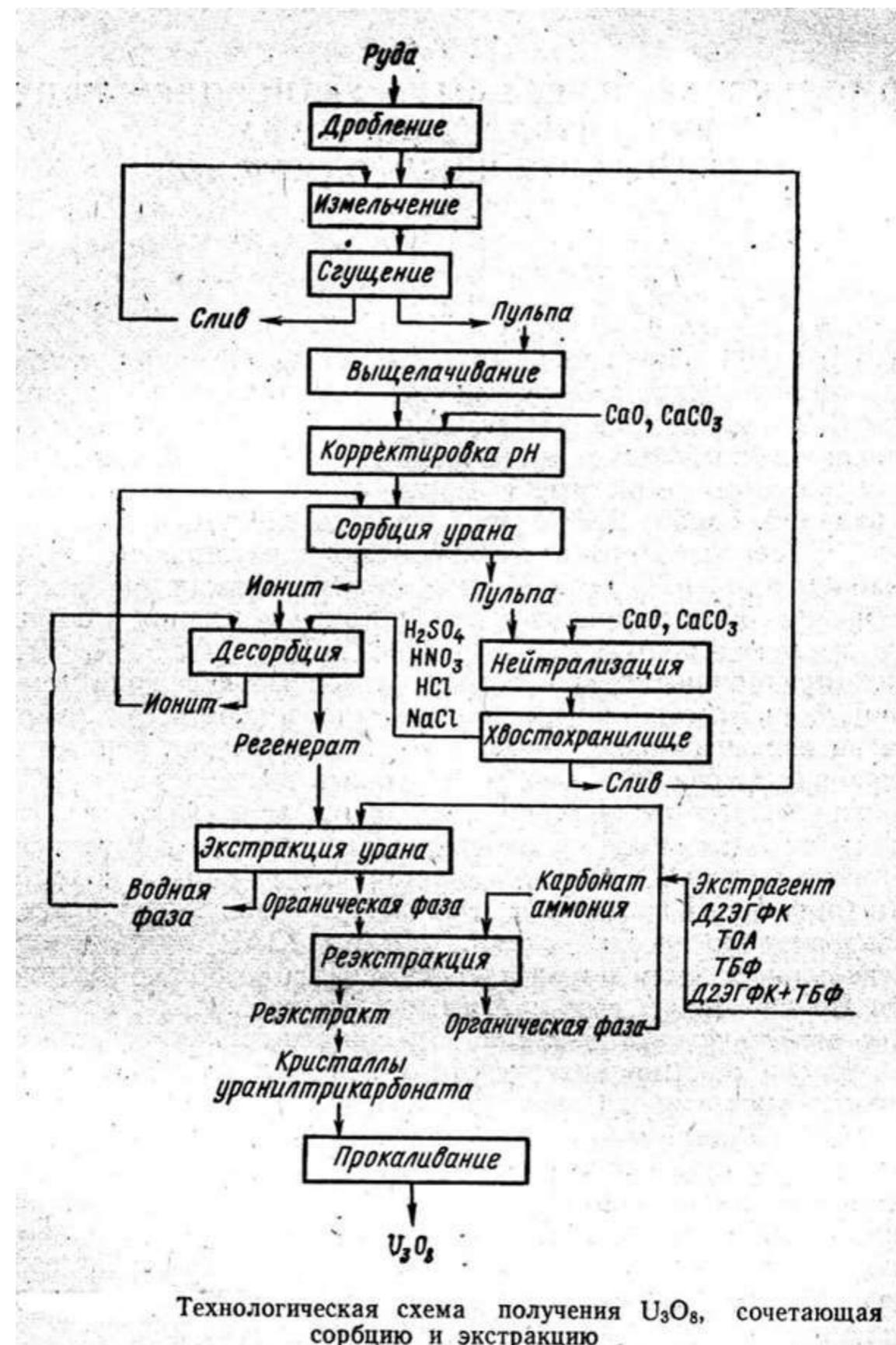


Схема гидрометалургической переработки руд



Технологическая схема получения U_3O_8 , сочетающая сорбцию и экстракцию

Учебные дисциплины:



**Физико-химические основы
гидрометаллургических процессов**



**Физико-химические основы
технологии высокочистых веществ**



**Радиационная безопасность
химико-технологических процессов**



**Оборудование производств редких
элементов**



Технология керамического топлива



**Радиохимическая переработка
отработавшего ядерного топлива**



**Ионообменные процессы в
технологии редких и
радиоактивных элементов**



**Химия и технология редких
благородных и тугоплавких
металлов**



**Технология основных материалов
современной энергетики и
радиационной безопасности.
Часть 2. Технология редких
элементов**



**Экстракционные процессы в
технологии редких и
радиоактивных элементов**

Трудоустройство



АО «Радиевый институт
им В.Г. Хлопина»
(Санкт-Петербург, Гатчина)



ООО «Полиметал Инжиниринг»
(Санкт-Петербург)



Группа компаний
ООО ИХТЦ «Русредмет»
(Красное Село)



ООО НТЦ «Гидрометаллургия»
(Санкт-Петербург)



ACRON®
ПАО «Акрон»
(Великий Новгород)



НОРНИКЕЛЬ
ООО «Институт Гипроникель»
(Санкт-Петербург)



ФГУП «Научно-
исследовательский
технологический институт
им. А.П. Александрова»
(Сосновый бор)



ОАО «Красцветмет»
(Красноярск)



АО «Приокский завод
цветных металлов»
(Касимов)



ФБУ «Тест- С-Петербург»
(Санкт-Петербург)



Урановый холдинг
«Атомредметзолото»
(АО «Далмур», Курганская обл.)



ПАО «Ижорские заводы»
(Колпино)



ОАО «Завод магнетон»
(Санкт-Петербург) 13

Основные научные направления кафедры

Физико-химические основы технологии комплексной переработки рудного и вторичного сырья

Химия и технология процессов экстракционного и ионообменного извлечения, разделения и концентрирования редких и благородных металлов

Разработка технологических процессов извлечения редких, радиоактивных, цветных и благородных металлов при переработке природного и техногенного сырья, их разделения и глубокой очистки

химия и технология углеродных наноматериалов (фуллеренов) и их производных

Получение соединений индивидуальных редких и благородных металлов высокой чистоты и наноматериалов на их основе

70

лет работы кафедры



Подготовлено свыше 1200 инженеров,
более 70 кандидатов и 3 доктора наук



При кафедре действует аспирантура и докторантура
по научной специальности 05.17.02 «Технология редких,
рассеянных и радиоактивных элементов»



Опубликовано более 1000 статей в
отечественных и зарубежных журналах и
текстов и тезисов докладов в материалах
конференций, симпозиумов и совещаний



Получено более 60 патентов и авторских свидетельств
на изобретения



Ряд технологий, разработанных на кафедре,
внедрены на отечественных и зарубежных
предприятиях



Кафедра сотрудничает с ведущими
отечественными и мировыми производителями
ионообменных сорбентов:
- ОАО «Токем», Россия
- «Purolite Ltd», Великобритания
- «Lanxess», Германия

Спасибо за внимание!

Контакты

Телефон кафедры: +7 812 494-92-56

Заведующий кафедрой

Блохин Александр Андреевич, профессор, д.т.н.

Электронная почта: blokhin@list.ru