



**КАФЕДРА ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ  
РЕДКИХ И РАССЕЯННЫХ  
ЭЛЕМЕНТОВ, НАНОРАЗМЕРНЫХ  
И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ  
ИМЕНИ К.А. БОЛЬШАКОВА  
(ХТРРЭ и НКМ)**

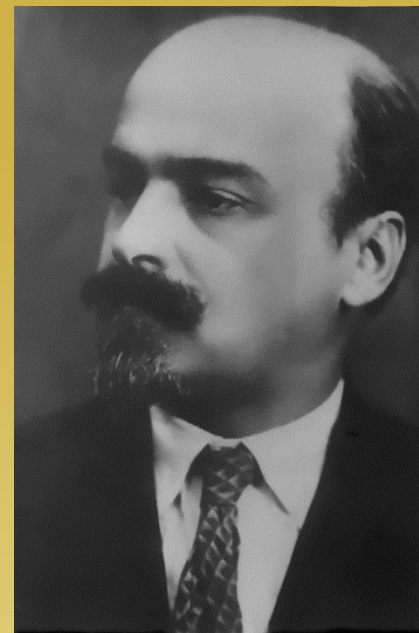
**МИРЭА - РОССИЙСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ИНСТИТУТ ТОНКИХ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ  
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА**

119571 Москва,  
проспект Вернадского 86, 2 этаж корпуса «Т»

# Кафедра химии и технологии редких и рассеянных элементов создана в 1930 году



*Иван Яковлевич Башилов, выдающийся ученый, инженер, профессор, лауреат Сталинской премии (1943). Автор первого в истории учебника «Введение в технологию редких элементов» (1932) и монографии «Технология радиоактивных руд» (1927).*



В эти годы появляются термины «тонкая химия» и «тонкая металлургия»



*К.А. Большаков*



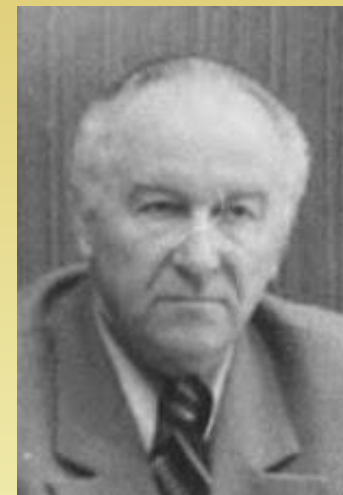
*С.И. Скляренко*



*Г.А. Меерсон*

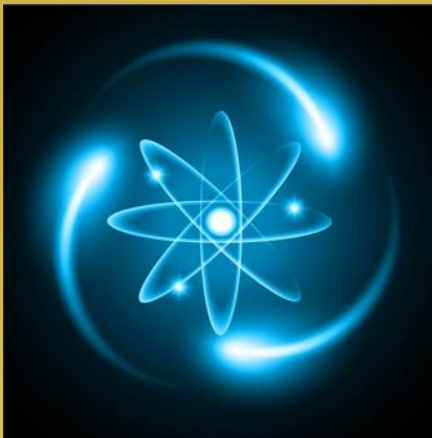


*А.Н. Зеликман*



*С.С. Купарисов*





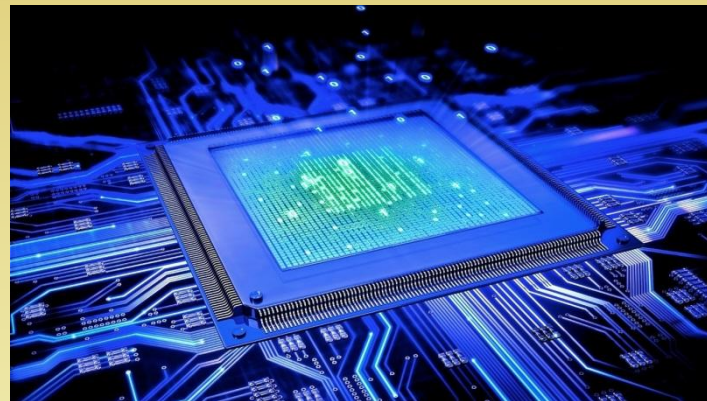
Ядерная энергетика



Освоение космоса

**Периодическая таблица Д. И. Менделеева**

Период	Ряд	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ														
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII							
1	1	(H)							H <sup>1</sup> Водород 1,00797	He <sup>2</sup> Гелий 4,0026	Обозначение элемента	Атомный номер				
2	2	Li <sup>3</sup> Литий 6,939	Be <sup>4</sup> Бериллий 9,0122	B <sup>5</sup> Бор 10,811	C <sup>6</sup> Углерод 12,01115	N <sup>7</sup> Азот 14,0067	O <sup>8</sup> Кислород 15,9994	F <sup>9</sup> Фтор 18,9984	Ne <sup>10</sup> Неон 20,179	Li <sup>3</sup> Литий 6,939	Относительная атомная масса					
3	3	Na <sup>11</sup> Натрий 22,9898	Mg <sup>12</sup> Магний 24,305	Al <sup>13</sup> Алюминий 26,9815	Si <sup>14</sup> Кремний 28,086	P <sup>15</sup> Фосфор 30,9738	S <sup>16</sup> Сера 32,064	Cl <sup>17</sup> Хлор 35,453	Ar <sup>18</sup> Аргон 39,948							
4	4	K <sup>19</sup> Калий 39,102	Ca <sup>20</sup> Кальций 40,08	Sc <sup>21</sup> Скандий 44,956	Ti <sup>22</sup> Титан 47,90	V <sup>23</sup> Ванадий 50,942	Cr <sup>24</sup> Хром 51,996	Mn <sup>25</sup> Марганец 54,9380	Fe <sup>26</sup> Железо 55,847	Co <sup>27</sup> Кобальт 58,9330	Ni <sup>28</sup> Никель 58,71					
5	5	Cu <sup>29</sup> Медь 63,546	Zn <sup>30</sup> Цинк 65,37	Ga <sup>31</sup> Галлий 69,72	Ge <sup>32</sup> Германий 72,59	As <sup>33</sup> Мышьяк 74,9216	Se <sup>34</sup> Селен 78,96	Br <sup>35</sup> Бром 79,904	Kr <sup>36</sup> Криптон 83,80							
6	6	Rb <sup>37</sup> Рубидий 85,47	Sr <sup>38</sup> Стронций 87,62	Y <sup>39</sup> Иттрий 88,905	Zr <sup>40</sup> Цирконий 91,22	Nb <sup>41</sup> Ниобий 92,906	Mo <sup>42</sup> Молибден 95,94	Tc <sup>43</sup> Технеций [98]	Ru <sup>44</sup> Рутений 101,07	Rh <sup>45</sup> Родий 102,905	Pd <sup>46</sup> Палладий 106,4					
7	7	Ag <sup>47</sup> Серебро 107,868	Cd <sup>48</sup> Кадмий 112,40	In <sup>49</sup> Индий 114,8	Sn <sup>50</sup> Олово 118,69	Sb <sup>51</sup> Сурьма 121,75	Te <sup>52</sup> Теллур 127,60	I <sup>53</sup> Йод 126,9044	Xe <sup>54</sup> Ксенон 131,30							
8	8	Cs <sup>55</sup> Цезий 132,905	Ba <sup>56</sup> Барий 137,34	Lt <sup>57</sup> Лантан 138,91	Hf <sup>72</sup> Гафний 178,49	Ta <sup>73</sup> Тантал 180,948	W <sup>74</sup> Вольфрам 183,85	Re <sup>75</sup> Рений 186,2	Os <sup>76</sup> Осмий 190,2	Ir <sup>77</sup> Иридий 192,2	Pt <sup>78</sup> Платина 195,09					
9	9	Au <sup>79</sup> Золото 196,967	Hg <sup>80</sup> Ртуть 200,59	Tl <sup>81</sup> Таллий 204,3	Pb <sup>82</sup> Свинец 207,19	Bi <sup>83</sup> Висмут 208,980	Po <sup>84</sup> Полоний [210]*	At <sup>85</sup> Астат [210]	Rn <sup>86</sup> Радон [222]							
10	10	Fr <sup>87</sup> Франций [223]	Ra <sup>88</sup> Радий [226]	Ac <sup>89</sup> Актиний [227]	Rf <sup>104</sup> Резерфордий [261]	Db <sup>105</sup> Дубний [262]	Sg <sup>106</sup> Сибгоргий [263]	Bh <sup>107</sup> Борий [262]	Hs <sup>108</sup> Хассий [265]	Mt <sup>109</sup> Майтнерий [265]	Ds <sup>110</sup> Дармштадтий [271]					
7	11	Rg <sup>111</sup> Рентгений [272]	Cn <sup>112</sup> Коперниций [285]	Nh <sup>113</sup> Нихоний [286]	Fl <sup>114</sup> Флеровий [286]	Mc <sup>115</sup> Московский [286]	Lv <sup>116</sup> Ливерморий [286]	Ts <sup>117</sup> Теннесси [286]	Og <sup>118</sup> Оганесон [294]							
		La <sup>57</sup> Лантан 138,905	Ce <sup>58</sup> Церий 140,12	Pr <sup>59</sup> Прозермий 140,907	Nd <sup>60</sup> Неодим 144,24	Pm <sup>61</sup> Прометий [147]*	Sm <sup>62</sup> Самарий 150,35	Eu <sup>63</sup> Европий 151,96	Gd <sup>64</sup> Гадолиний 157,25	Tb <sup>65</sup> Тербий 158,924	Dy <sup>66</sup> Диспрозий 162,50	Ho <sup>67</sup> Гольмий 164,930	Er <sup>68</sup> Эрбий 167,26	Tm <sup>69</sup> Тулий 168,934	Yb <sup>70</sup> Иттербий 173,04	Lu <sup>71</sup> Лютеций 174,97
		Th <sup>90</sup> Торий 232,038	Pa <sup>91</sup> Протактиний [231]	U <sup>92</sup> Уран 238,03	Np <sup>93</sup> Нептуний [237]	Pu <sup>94</sup> Плутоний [244]	Am <sup>95</sup> Америций [243]	Cm <sup>96</sup> Кюрий [247]	Bk <sup>97</sup> Берклий [247]	Cf <sup>98</sup> Калифорний [251]*	Es <sup>99</sup> Эйнштейний [252]*	Fm <sup>100</sup> Фермий [254]	Md <sup>101</sup> Менделеев [257]	No <sup>102</sup> Нобелий [259]	Lr <sup>103</sup> Лоуренсий [260]	



Развитие микроэлектроники



Высокотемпературная сверхпроводимость

Еще Д.И. Менделеев указывал, что все элементы можно делить по распространенности в природе и масштабам их использования. По этим двум критериям и в настоящее время выделяют редкие элементы.

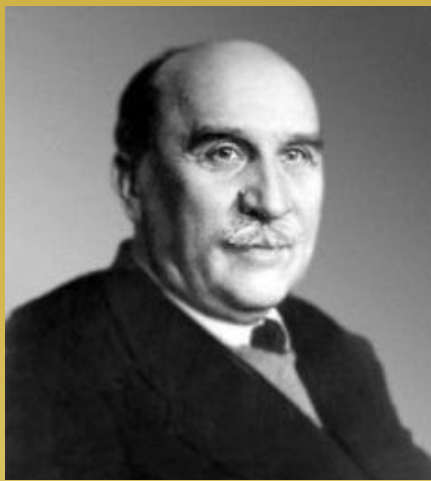
Элементы, имеющие кларк (отношение разведанных запасов данного элемента к массе земной коры) меньше  $10^{-3}\%$  или исторически поздно нашедшие свое промышленное применение, относят к редким. По численности их более 40 и расположены они по всей Периодической системе Д.И. Менделеева.



## Техническая классификация редких элементов

1. Легкие редкие элементы - Li, Rb, Cs, Be
2. Тугоплавкие редкие элементы – Ti (Т пл.  $\approx 1660\text{ }^\circ\text{C}$ ), Zr, Hf, V, Nb, Ta, W (Т пл.  $\approx 3400\text{ }^\circ\text{C}$ ), Mo, Re
3. Платиновые металлы – Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt
4. Редкоземельные элементы – от  $_{57}\text{La}$  до  $_{71}\text{Lu}$ , Y, Sc
5. Рассеянные элементы: Sc, V, Re, Se, Te, Ge, Ga, In, Tl, Hf, Rb





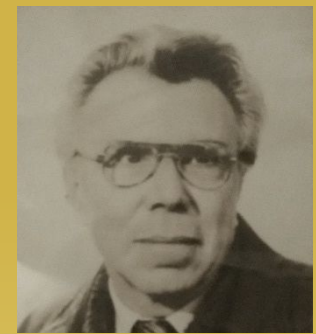
С 1938 по 1956 гг.  
кафедрой  
заведовал  
выдающийся  
физико-химик,  
академик  
Г.Г. Уразов



*И.С. Морозов*



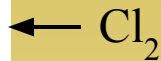
*Б.Г. Коршунов*



*Д.В. Дробот*

Создан курс «Физико-химического анализа»

**Хлорная металлургия  
редких элементов**



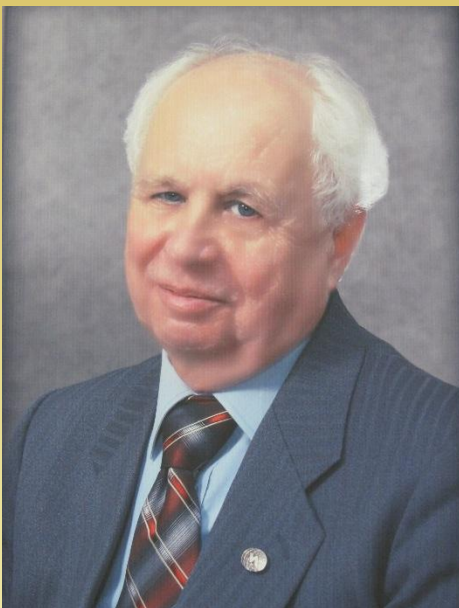
**High  
Technology**

## Электрохимия редких элементов

Работы по электрохимии редких элементов на кафедре ХитРРЭ были начаты в 1932 г. Их инициатором и организатором стал лауреат Государственной премии профессор Складенко С.И., одновременно работавший руководителем электрохимической лаборатории Гиредмета. Разработан курс электрохимии редких элементов с лабораторным практикумом, включавший работы по теоретическим основам электрохимии и получению редких элементов электрохимическими методами. Тогда же начата подготовка инженеров-электрохимиков; велись (и ведутся) научно-исследовательские работы в этом направлении.



*Профессор  
С.И. Складенко*



*Профессор,  
д.т.н. С.Ф. Белов*



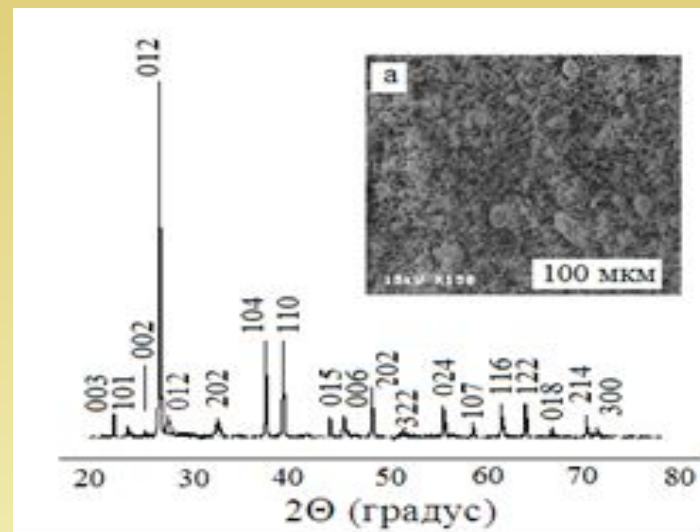
*Покрытие из нитрида титана*



# Современные направления научных исследований в области электрохимии

Использование нового класса электрохимического оборудования - электрохимического комплекса (ЭХК), позволяет реализовать в промышленных масштабах электрохимические технологии, основанные на процессах с контролируемым потенциалом рабочего электрода, что обеспечивает создание новых и модернизацию известных технологических процессов выделения и разделения цветных, редких и рассеянных, благородных металлов, получения новых материалов, в частности нанопорошков металлов, получения и утилизации материалов, используемых в ядерных технологиях.

Электрохимический комплекс (ЭХК) реализует высокотехнологичные экологически безопасные электрохимические технологии за счет автоматической оптимизации технологических параметров процесса по данным о значении потенциала рабочего электрода и подавления побочных электрохимических реакций, которые приводят к снижению качества получаемых продуктов, выделению побочных продуктов, загрязнению окружающей среды и требуют дополнительных затрат на их обезвреживание.



# Современные направления научных исследований в области электрохимии



*Доцент, к.т.н.  
О.В. Чернышова*

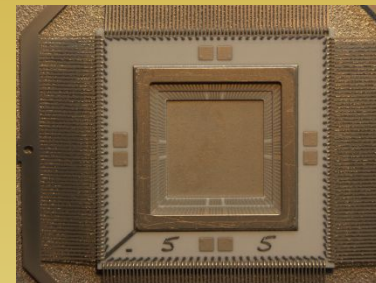
Основная цель исследований - разработка физико-химических основ селективного выделения и разделения металлов электрохимическим способом и создание технологий переработки вторичного и техногенного сырья, содержащего благородные, редкие и цветные металлы с использованием электрохимических процессов с контролируемым потенциалом.



*Электрохимические процессы в расплавах*



*Гранулированные продукты переработки вторичного сырья*



*Электрохимическое покрытие золота*

## Решаемые задачи:

1. Переработка вторичного и техногенного сырья, содержащего благородные, редкие и цветные металлы.
2. Получение электрохимических покрытий на основе благородных и редких металлов.
3. Экологически безопасные электрохимические процессы в расплавах.
4. Изучение нестационарных электрохимических процессов.
5. Разработка методик исследования электрохимических процессов в технологии благородных, редких и цветных металлов.
6. Электросинтез соединений.
7. Разработка аппаратного оформления электрохимических процессов
8. Автоматизация электрохимических процессов с использованием LabView.



*Электросинтез соединений*



**С 1936 года под руководством  
К.А. Большакова велись работы по получению  
феррованадия**



*К.А. Большаков, ректор Московского института тонкой химической технологии (в настоящее время, Институт тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова, МИРЭА - Российский технологический университет) в 1958–1971 гг., заведующий кафедрой ХиТТРЭ, профессор, доктор технических наук, член-корреспондент АН СССР.*



*К.А. Большаков с профессором М.Н. Соболевым в цехе Чусовского завода*



*Феррованадий ФВд 50*



*Бронированные стали*

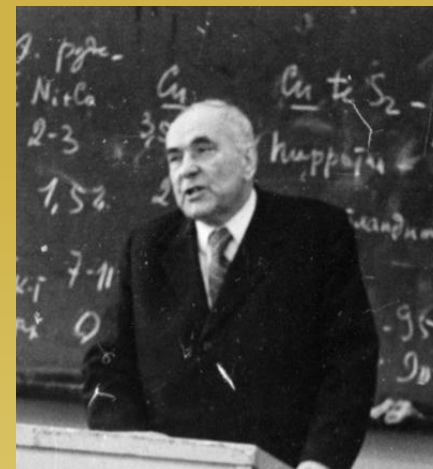


*Танк Т-34*



*«Если бы не было  
ванадия, не было бы и  
моего автомобиля»  
Генри Форд*

В конце 30-х годов К.А. Большаковым было сформулировано новое научное направление - **комплексная переработка первичного и техногенного редкоземельного сырья**



Галлий  
(Ga)



Индий  
(In)



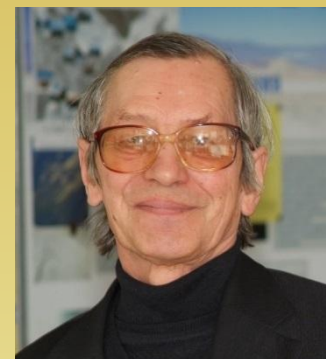
Таллий  
(Tl)



Германий  
(Ge)



Рений  
(Re)



*Профессор, д.х.н. В.И. Букин*



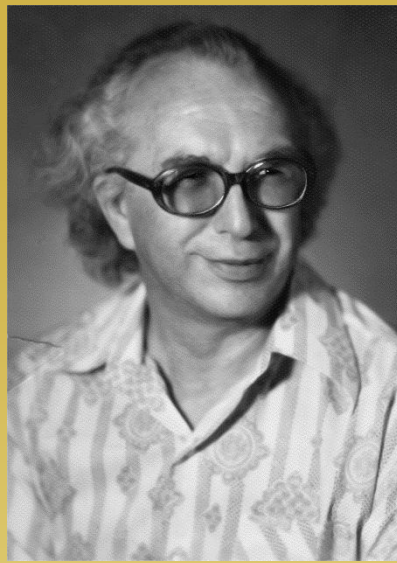
*Профессор, д.т.н. М. С. Изумнов*

Технология извлечения редких и платиновых металлов из вторичного и техногенного сырья





Профессор  
К.А. Большаков



Профессор  
П.И. Федоров

### Курс “Технология малых металлов и рассеянных элементов”

58,9332 27 <b>Co</b> КОБАЛЬТ	58,6934 28 <b>Ni</b> НИКЕЛЬ	63,546 29 <b>Cu</b> МЕДЬ	65,38 30 <b>Zn</b> ЦИНК	69,723 31 <b>Ga</b> ГАЛЛИЙ	72,64 32 <b>Ge</b> ГЕРМАНИЙ	74,9216 33 <b>As</b> МЫШЬЯК
102,905 45 <b>Rh</b> РОДИЙ	106,42 46 <b>Pd</b> ПАЛЛАДИЙ	107,868 47 <b>Ag</b> СЕРЕБРО	112,411 48 <b>Cd</b> КАДМИЙ	114,818 49 <b>In</b> ИНДИЙ	118,710 50 <b>Sn</b> ОПОВО	121,760 51 <b>Sb</b> СУРЬМА
192,217 77 <b>Ir</b> ИРИДИЙ	195,084 78 <b>Pt</b> ПЛАТИНА	196,967 79 <b>Au</b> ЗОЛОТО	200,59 80 <b>Hg</b> РУТУЬ	204,383 81 <b>Tl</b> ТАЛЛИЙ	207,2 82 <b>Pb</b> СВИНЕЦ	208,980 83 <b>Bi</b> ВИСМУТ

## Технология малых металлов

Работы П.И. Федорова охватывали осадительную плавку сурьмы, обесвисмучивание свинца, хлорирующий обжиг в технологии кобальта и никеля, химию и технологию бериллия, тория, кадмия, создание легких сплавов (Li, Mg, Al), гидрометаллургию рения, синтез полупроводниковых соединений и монокристаллических материалов ИК-техники, кристаллофизическую очистку соединений и эвтектик методом зонной плавки (в т.ч. биологически активных веществ), прогноз свойств и поведения тяжелых трансурановых элементов, построение и использование геохимических звезд для редких и рассеянных элементов.

## Современные направления научных исследований в области переработки вторичного сырья

Научно-технический прогресс в различных сферах материального производства связан с широким использованием редких, благородных и цветных металлов, что вызывает необходимость интенсивной эксплуатации природных ресурсов и оказывает существенное влияние на состояние окружающей среды.



*Доцент, к.х.н.  
Е.И. Лысакова*



*Старший преподаватель, к.х.н.  
М.В. Цыганкова*

Учитывая темпы добычи, можно предположить, что уже в обозримом будущем известные запасы руд некоторых металлов, например, молибдена, вольфрама, золота, сурьмы и др., будут полностью исчерпаны. Пополнение сырьевой базы возможно как путем открытия и освоения новых месторождений, так и за счет более широкого использования различных вторичных сырьевых ресурсов и отходов, образующихся в процессе производственной деятельности.



# Экстракционное выделение, разделение и очистка редких металлов

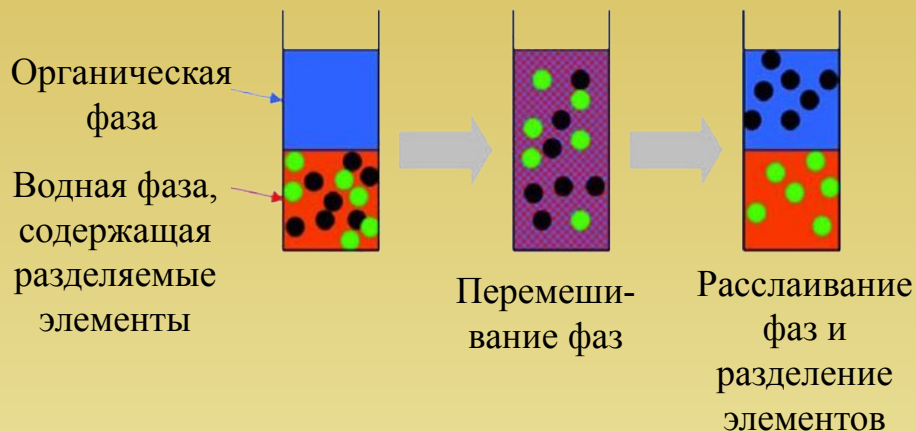
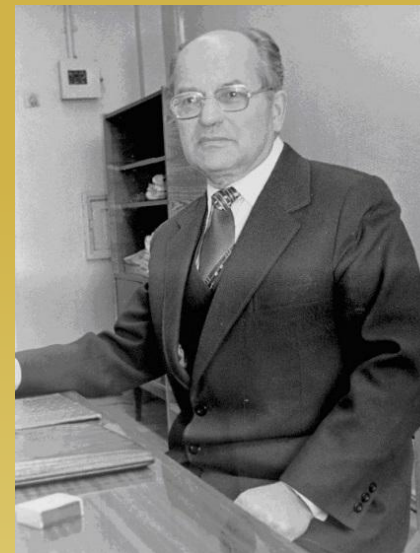


Профессор, д.х.н.  
А.М. Резник



Профессор, д.х.н.  
В.И. Букин

С.С. Коровин, заведующий  
кафедрой ХуТРРЭ  
в 1977-1988 гг., профессор,  
доктор технических наук,  
заслуженный деятель науки  
и техники РФ



Разработана технология глубокого экстракционного разделения циркония и гафния из смесей электролитов (С.С. Коровин, И.А. Апраксин)

Технология разделения циркония и гафния позволила обеспечивать цирконий и гафний любой степени чистоты, и существует до настоящего времени



# Современные направления научных исследований в области экстракции редких, цветных и благородных металлов

Цель исследований - поиск селективных экстрагентов для извлечения и разделения редких, цветных и благородных металлов, и разработка на их основе новых технологических процессов переработки первичного (рудного) и вторичного сырья, а также непосредственное использование комплексов металлов с экстрагентами в качестве функциональных материалов и их предшественников.

Химия координационных соединений редких элементов с органическими лигандами

Комплексообразование в экстракционных процессах с олигомерами

- Концентрирование и извлечение металлов.
- Разделение ионов металлов.
- Очистка соединений металлов от примесей.



Синтез соединений ряда редких и цветных металлов

- Модификаторы резин.
- Термостабилизатор полипропилена.
- Модификатор эпоксидных смол.
- Антисептик древесины.
- Антипирен для тканей.

Синтез координационных соединений металлов, используемых в качестве предшественников

- Получение карбидов, оксидов редких металлов и других функциональных материалов.
- Получение пленок ВТСП материалов.
- Получение наноразмерных порошков индивидуальных тугоплавких металлов и их сплавов



Профессор, д.х.н.  
С.А. Семенов



Доцент, к.х.н.  
Е.И. Лысакова



Старший преподаватель, к.х.н.  
М.В. Цыганкова





## Химия и технология редких и щелочных металлов

*В.Е. Плющев, заведующий  
кафедрой ХиТТРЭ  
в 1968-1973 гг., профессор,  
доктор химических наук*



*Доцент, к.х.н.  
С.Б. Степина*



*Ведущий. науч. сотр.,  
к.х.н. Г.В. Зими́на*

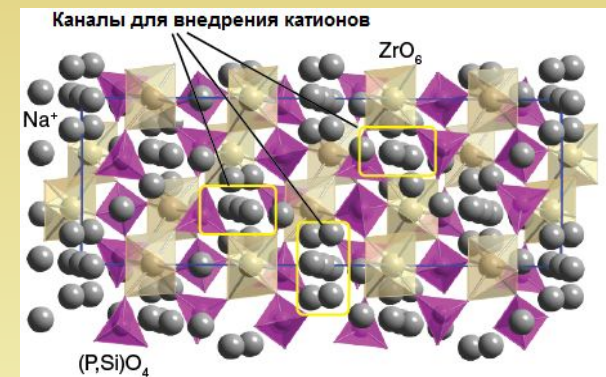
Усовершенствована и внедрена в промышленность в 1951–1953 гг. сульфатная схема переработки сподумена. В Новосибирске на заводе №2 «Редмет» внедрены в промышленность в 1956–1958 гг. новые схемы получения соединения лития ( $\text{Li}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{LiOH}$ ), отличающиеся высокими технико-экономическими показателями. В 1956 г. в промышленность была внедрена схема получения хлорида цезия из поллуцита.

Современными объектами исследования являются сложные фосфаты III группы (PЗЭ, Sc, In) и щелочных металлов; сложные оксиды типа  $\text{ABCO}_4$  (A - Ca, Sr; B – La, Pr, Nd; C – Al, Ga).



*Профессор, д.х.н.  
В.В. Фомичев*

Разработка методов направленного синтеза новых соединений и твердых растворов на основе сложных фосфатов и ниобатов, обладающих высокой ионной проводимостью и нелинейно-оптическими свойствами.

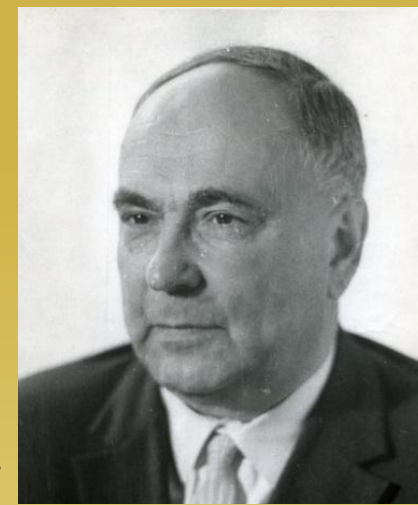


*Структура NASICON*

# Химия и технология платиновых металлов

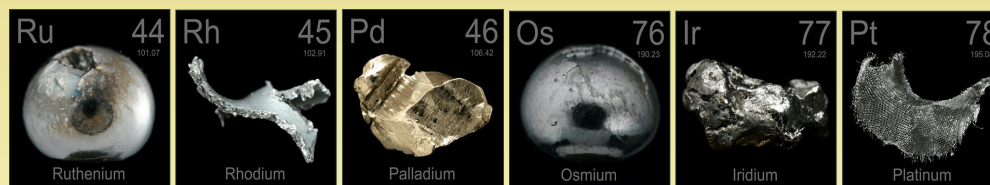


*Н.М. Синицын, профессор,  
доктор химических наук,  
основатель сектора  
платиновых металлов  
кафедры ХИТТРЭ*



*Профессор, д.х.н.  
К.А. Большаков*

Тематика исследовательских работ была организована изначально для решения актуальных проблем Норильского горно-металлургического комбината (ПАО «ГМК Норильский никель») – основного производителя платиновых металлов в нашей стране и крупнейшего в мире.





# Современные направления научных исследований в области платиновых элементов



Профессор, д.х.н.  
Т.М. Буслева



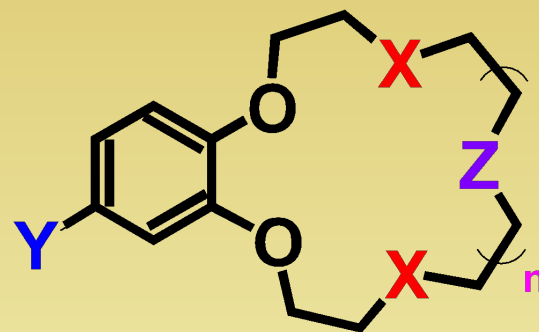
Ст. науч. сотр, к.х.  
н. Н.М. Боднарь



Доцент, к.х.н.  
Е.В. Волчкова

Переработка сырья является одной из технологических задач, которые решаются на нашей кафедре. Состав сырья меняется, меняются требования к чистоте продукта, возрастает доля вторичных видов сырья, которые по составу и принципам переработки существенно отличаются от первичного. Поэтому проблемы переработки и разделения близких по свойствам элементов, в том числе платиновых, всегда остаются актуальными.

Разрабатываются физико-химические основы разделения и выделения благородных металлов с использованием уникальных сорбентов и экстрагентов, в том числе, полученных благодаря современным достижениям супрамолекулярной химии, например, различных краун-эфиров и подандов. Исследования направлены на создание новых технологических схем и внедрение их в производство на ведущих предприятиях страны.



$n = 0 - 3$  ;

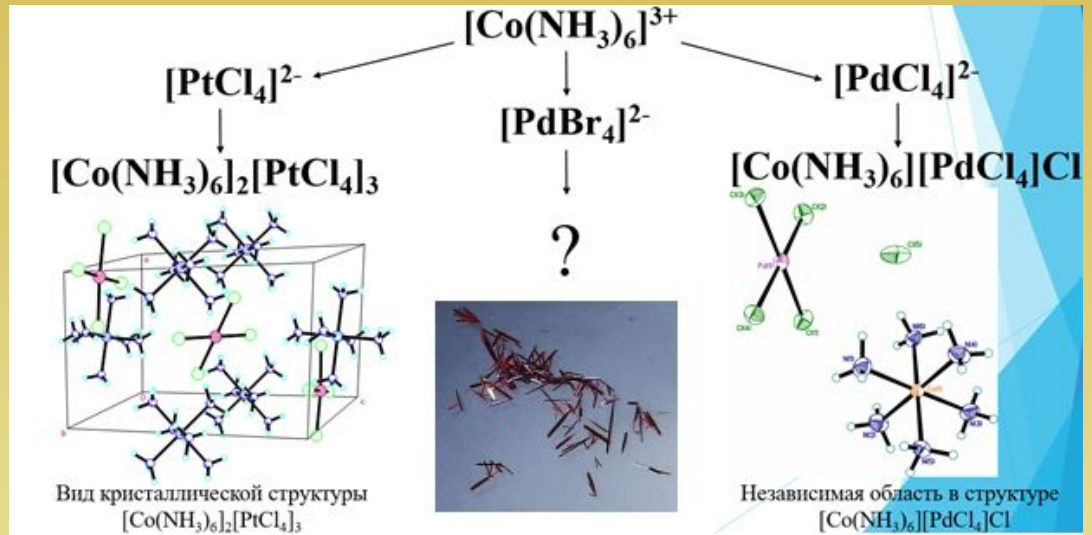
$X, Y = S, O$

$Y = NO_2, NH_2, CH_2OH$

# Современные направления научных исследований в области платиновых элементов

Другим важным направлением научных работ являются исследования по синтезу новых соединений и получению полиметаллических порошков, содержащих платиновые металлы. Основные трудности связаны с получением однородных по фазовому составу полиметаллических веществ. Введение неблагородных металлов в эти порошки решает задачу снижения расхода дорогих драгметаллов с обязательным сохранением их высокой каталитической активности.

Так, осуществляются работы по синтезу двойных комплексных соединений, в составе которых присутствуют одновременно комплексные сферы, содержащие платиновый металл и неблагородный, например, кобальт.



Данные кристаллические структуры представляют интерес не только как новые соединения, но и как предшественники порошков, востребованных в качестве катализаторов водородной энергетики.



Водородный топливный элемент



# Современные направления научных исследований в области платиновых элементов



С точки зрения получения порошков интересным способом является безреагентный – с использованием уникального оборудования кафедры: микроволновой системы ETHOS D фирмы Milestone (Италия) (максимальная мощность (W) – 1000 Вт, минимальная – 10 Вт, система снабжена вращающейся турелью, в которую можно помещать одновременно до 12 автоклавов объёмом 50 мл, один из них снабжён датчиком температуры), который позволяет вести разложение образцов и получение порошковых материалов под действием микроволнового излучения, а также в гидротермальных условиях.

Разрабатываются методики получения пористых гранул (в одну стадию), обладающих каталитическими свойствами.



# С начала 80-х годов на кафедре интенсивно развивается материаловедческое направление



*Заведующий кафедрой  
ХиТТРЭ в 1988-2016 гг.,  
профессор, д.х.н.  
Д.В. Дробот*

Химия предшественников – плодотворное направление современной химической технологии материалов на основе редких элементов (порошки функциональных материалов индивидуальные и сложные оксиды, сплавы, лигатуры тугоплавких металлов)



*Ст. науч. сотр., к.х.  
н. Е.Н. Лебедева*



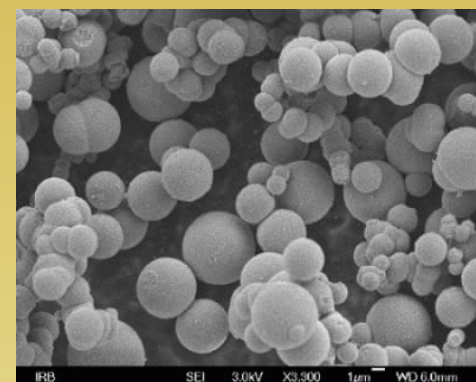
*Доцент, к.х.н.  
Е.Е. Никишина*



*Зав.лаб., к.х.н.  
Е.С. Куликова*

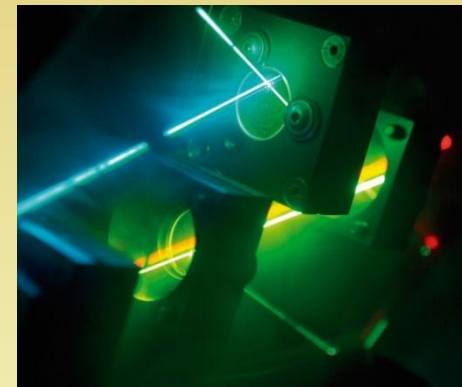


*Инженер,  
А.И. Львовский*



*Профессор, д.х.н.  
В.В. Фомичев*

Алюмоиттриевые гранаты, легированные иттербием и неодимом, суперионные проводники, материалы современной фотоники на основе оксидов ниобия и тантала



# Фундаментальные основы синтеза оксидных материалов на основе редких d – элементов (Zr, Hf, Nb, Ta, Re, Mo, W): природа предшественников, стратегия синтеза, свойства материалов

Химия предшественников состоит в химическом конструировании (дизайне) исходных соединений, содержащих несколько металлов в необходимом отношении, с комплексом воспроизводимых и технологически приемлемых свойств.

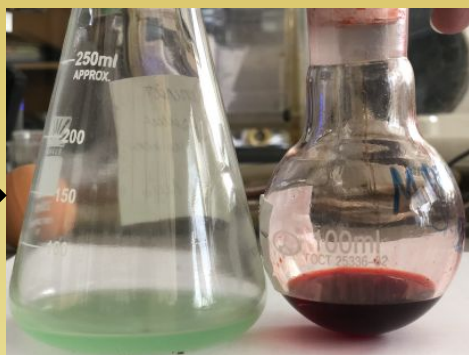
Технологическая концепция состоит в получении порошков функциональных материалов (индивидуальные и сложные оксиды, сплавы, лигатуры тугоплавких металлов и др.) при рекордно низких температурах термическим разложением моно- и гетерометаллических предшественников.



Профессор, д.х.н.  
Д.В. Дробот



Электрохимический  
синтез



Алкоксипроизводные  
никеля и рения



Сплав  
никеля-рения



Лопатка турбины с  
нанесенным покрытием сплава

Возможности получения наноразмерных порошков материалов открывают новые перспективы в катализе, прецизионном машиностроении, микроэлектронике и требуют новых подходов к описанию физико-химических свойств объектов такого рода.

Данные направления исследований поддержаны Российским фондом фундаментальных исследований и грантом президента Российской Федерации.

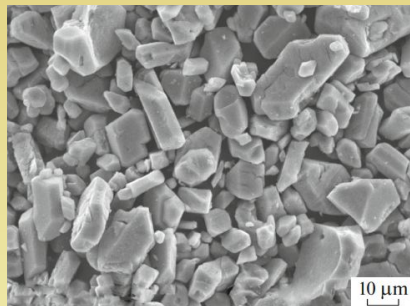


# Магнитноактивные нанокompозиты на основе d-элементов VIII группы: синтез, свойства, применение

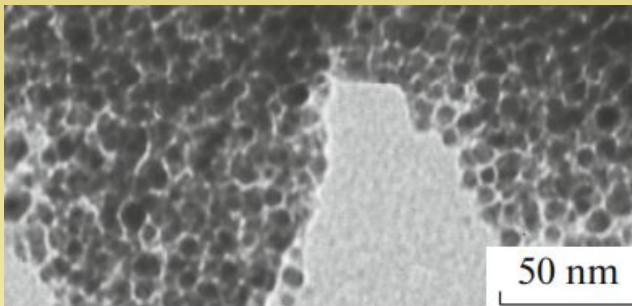
Материалы на основе наноразмерных частиц находят широкое применение в самых разнообразных областях химии, физики, биологии. Значительный интерес к наночастицам d-элементов обусловлен особенностями их магнитных свойств, а также возможностью создания магнитных носителей с высокой плотностью записи информации. Также широко используют магнитные частицы в биомедицине. Поиск и исследование саморегулирующихся систем, в которых одновременно протекает синтез полимерной матрицы и процесс зарождения и роста наночастиц, может стать наилучшим решением задачи стабилизации наночастиц полимерами и их структурной организации. В последние годы металлополимеры привлекают возросшее внимание в качестве компонентов или предшественников для получения нанокompозитных материалов.



*Профессор, д.х.н.  
С.А. Семенов*



*Композит, полученный  
разложением малеината  
никеля (СЭМ)*



*Композит, полученный  
разложением малеината  
никеля (ПЭМ)*

В исследованиях принимают активное участие студенты и аспиранты кафедры.

Научное направление поддержано Российским фондом фундаментальных исследований.

# Функциональные оксидные наноматериалы на основе оксидов элементов IVB подгруппы и редкоземельных элементов

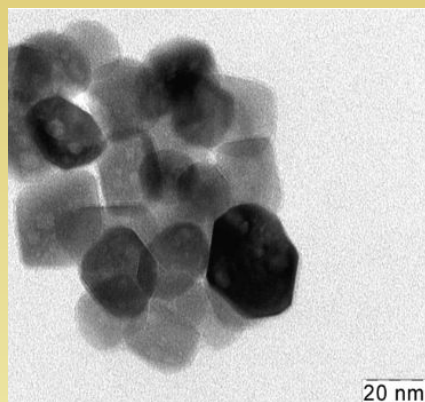


Член - корреспондент РАН, д.х.н.  
заведующий кафедрой ХТПРЭ и  
НКМ им. К.А. Большакова –  
В. К. Иванов

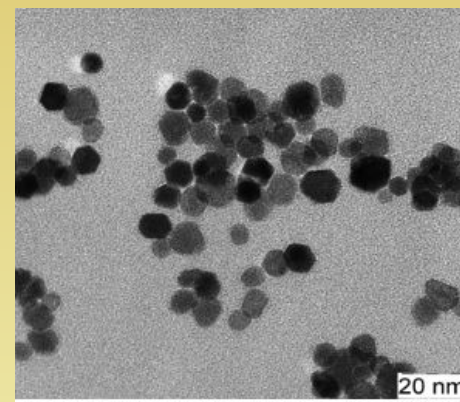
Разрабатываются методы получения функциональных оксидных наноматериалов, основанные на использовании внешних воздействий (включая ультразвуковое, СВЧ и др.) на реакционные системы. Для синтеза материалов предложены принципиально новые методы гидротермального – ультразвукового синтеза и гомогенного гидролиза в гидротермальных (ГТ) условиях.

В результате проведенных исследований установлены фундаментальные особенности механизмов формирования функциональных неорганических наноматериалов, в том числе различных морфологических типов оксидных наноматериалов.

Проводятся исследования в области разработки физико-химических принципов получения новых биоматериалов на основе соединений редкоземельных элементов (РЗЭ), определено влияние структурных факторов на функциональные свойства материалов на основе оксидов элементов IVB подгруппы и РЗЭ.



Мезопористые наночастицы  $TiO_2$ , формирующиеся при высокотемпературном гидролизе  $TiOSO_4$  в ГТ условиях



Наночастицы  $CeO_{2-x}$  полученного гидротермально-микроволновой обработкой золя  $CeO_2 \cdot nH_2O$  при  $180^\circ C$

# Профессорско-преподавательский состав кафедры ХитРРЭ и НКМ им. К.А. Большакова



*Чл. корр. РАН, д.х.н.  
В.К. Иванов*



*Профессор, д.х.н.  
Д.В. Дробот*



*Профессор, д.х.н.  
С.А. Семенов*



*Профессор, д.х.н.  
Т.М. Буслева*



*Профессор, д.х.н.  
В.В. Фомичев*



*Профессор, д.х.н.  
С.А. Козюхин*



*Профессор, д.х.н.  
П.П. Федоров*



*Доцент, к.х.н.  
Е.В. Волчкова*



*Доцент, к.х.н.  
Е.Е. Никишина*



*Доцент, к.х.н.  
Е.И. Лысакова*



*Ст. препод., к.х.н.  
М.В. Цыганкова*



*Доцент, к.т.н.  
О.В. Чернышова*



*Доцент, к.х.н.  
Л.А. Носикова*



*Ассистент, к.х.н.  
Е.И. Ефремова*

## Сотрудники кафедры



*Ст. науч. сотр, к.х.  
н. Н.М. Боднар*



*Ст. науч. сотр,  
к.х.н. Е.Н. Лебедева*



*Зав.лаб., к.х.н.  
Е.С. Куликова*



*Инженер,  
А.И. Львовский*



*Инженер,  
Ю.И. Чернышов*



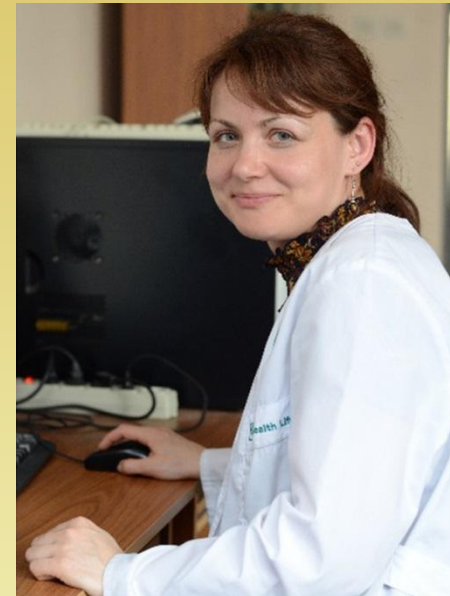


*Владимир Константинович Иванов – заведующий кафедрой ХИТРОЭ и НКМ им. К.А. Большакова. Доктор химических наук, профессор РАН, член - корреспондент РАН. Директор Института общей и неорганической химии имени Н.С. Курнакова РАН. Действительный член Королевского химического общества (Fellow of the Royal Society of Chemistry), действительный член Ирландского химического института (Fellow of the Institute of Chemistry of Ireland), член Президиума Российского химического общества им. Д.И. Менделеева.*

Телефон : 495(246)-05-55, доб. 2-58, e-mail: [van@igic.ras.ru](mailto:van@igic.ras.ru)

*Любовь Анатольевна Носикова – ученый секретарь кафедры ХТРОЭ и НКМ им. К.А. Большакова, доцент, кандидат химических наук*

Телефон : (926)755-75-05, e-mail: [nosikova\\_lyubov@mail.ru](mailto:nosikova_lyubov@mail.ru)



# Реализуемые направления подготовки на кафедре:



## Бакалавриат

18.03.01 Химическая технология  
(профиль «Химическая технология неорганических веществ»);

18.03.01 Химическая технология  
(профиль «Химическая технология материалов на основе редких элементов»)

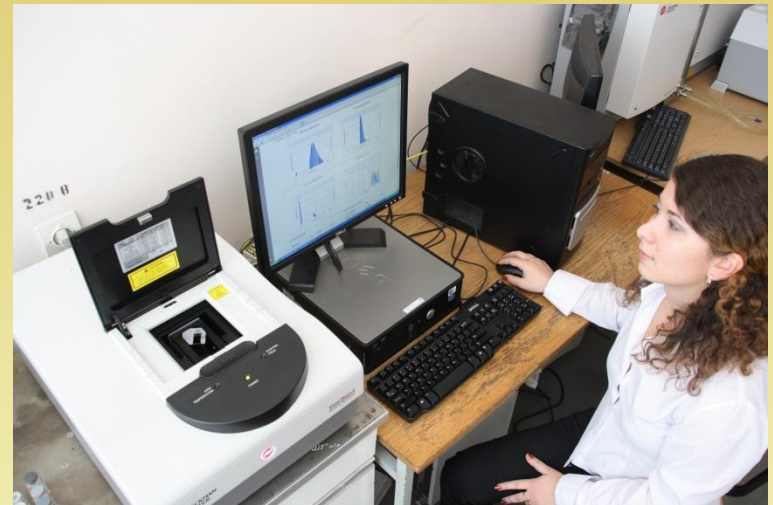
## Магистратура

18.04.01 Химическая технология  
(магистерская программа «Химическая технология редких и платиновых металлов»)

## Аспирантура

04.06.01 Химические науки  
(специальность 02.00.01 неорганическая химия);

18.06.01 Химические технологии  
(специальность 05.17.02 технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов)



## 18.03.01 Химическая технология

### профиль «Химическая технология неорганических веществ»

Профиль связан с подготовкой специалистов, которые занимаются освоением химической технологии редких, рассеянных, редкоземельных и платиновых металлов, и технологии переработки вторичного сырья, содержащего данные металлы; физико-химическими основами современных технологий, получают необходимые навыки и умения в разработке технологических схем получения редких металлов и их соединений высокой степени чистоты.



В ходе обучения студенты получают теоретическую и практическую подготовку в области технологии извлечения, концентрирования редких металлов из первичного (рудного), вторичного и техногенного сырья. Студенты выполняют оригинальные научные исследования в учебных лабораториях, оснащенных современным оборудованием.



## 18.03.01 Химическая технология

профиль «Химическая технология материалов на основе редких элементов»

Профиль связан с подготовкой специалистов, которые занимаются освоением химической технологии материалов на основе редких, рассеянных, редкоземельных, платиновых металлов и их соединений высокой степени чистоты; физико-химическими основами современных технологий. Студенты получают необходимые навыки и умения в синтезе, исследовании и разработке технологических схем получения функциональных материалов на основе редких металлов.



В ходе обучения студенты получают теоретическую и практическую подготовку в области технологии получения многофункциональных материалов на основе редких, рассеянных редкоземельных и платиновых металлов. Целью программы является подготовка в бакалавриате кадров с высшим профессиональным образованием, базирующимся на современных достижениях науки и техники в областях химической технологии материалов на основе редких элементов.

## 18.04.01 Химическая технология

### магистерская программа «Химическая технология редких и платиновых металлов»

Подготовка по данной магистерской программе направлена на тех, кто интересуется методами и технологиями получения редких, рассеянных и платиновых металлов из первичного и вторичного сырья, а также направленного синтеза функциональных материалов нового поколения на основе редких и платиновых металлов.



В ходе обучения студенты получают теоретическую и практическую подготовку исследователей и технологов, обладающих необходимыми знаниями, умениями и компетенциями для работы в научно-исследовательских институтах и на предприятиях, занимающихся разработками и внедрениями технологий извлечения редких, рассеянных и платиновых металлов из первичных и вторичных сырьевых источников, а также получением функциональных материалов на их основе.

Следует отметить, что программа подготовки не имеет аналогов в России и направлена на подготовку научных кадров в области химической технологии редких и платиновых металлов, современных функциональных, интеллектуальных материалов и наноматериалов. Программа единственная в стране, в рамках которой кафедра ХТТРЭ и НКМ готовит специалистов по химической технологии платиновых металлов.

## 04.06.01 Химические науки (аспирантура)

специальность 02.00.01 - неорганическая химия



Обучающиеся по этой специальности занимаются решением теоретических и экспериментальных проблем. Работы выпускников посвящены изучению различных вариантов синтеза соединений на основе редких, рассеянных и платиновых металлов различного строения, разработке новых методов синтеза и усовершенствованию уже известных, решению теоретических задач, связанных с моделированием будущей структуры синтезируемых макромолекул, синтезу композиционных материалов, обладающих рядом полезных свойств.

В РТУ МИРЭА действует диссертационный совет Д 212.131.10, реализующий проведение защит диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук по специальности неорганическая химия.

Работы направлены на реализацию постановления Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. №328 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышения ее конкурентоспособности» подпрограммы 4 «Развитие производства традиционных и новых материалов».



## 18.04.01 Химическая технология (аспирантура)

специальность 05.17.02 технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов



Обучающиеся по этой специальности занимаются выявлением особенностей химического поведения редких, рассеянных и радиоактивных элементов в технологических процессах; созданием и совершенствованием технологических схем, обеспечивающих ресурсо- энергосбережение, охрану окружающей природной среды в технологии редких и радиоактивных элементов.

Особое внимание уделяется вопросам:

- утилизации техногенного и вторичного сырья;
- способам разложения сырья различных видов с переводом целевых компонентов в подвижное (удобное для дальнейшей переработки) состояние;
- получению промежуточных соединений необходимой степени чистоты, гранулометрического состава и т.п. для производства металлов или изделий.

Работы направлены на реализацию постановления Правительства РФ от 31.03.2017 г.

№ 382-13 «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности», подпрограмма ОМ 4.1. Развитие металлургии и промышленности редких и редкоземельных металлов.

## Аналитическая лаборатория DTG, ААС

Лаборатория оснащена оборудованием для исследования термических процессов и осуществления элементного анализа.

В лаборатории проводятся термические исследования материалов, композитов, полимеров и других соединений. На приборах (дериватографы Q-1500 «МОМ», Венгрия) одновременно можно проводить термогравиметрический (ТГА) и дифференциально-термический (ДТА) анализы по изменению массы образца при различных скоростях нагрева или в изотермическом режиме.



Во время научных исследований очень важно иметь точную картину состава вещества с целью контроля цепи превращений химических реакций.

В лаборатории проводится анализ элементного состава исследуемых образцов в жидкой фазе методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) на приборе AAnalyst 200 фирмы PerkinElmer. Метод позволяет определять низкие концентрации металлов  $10^{-5}$ – $10^{-6}$  % в исследуемом объекте.

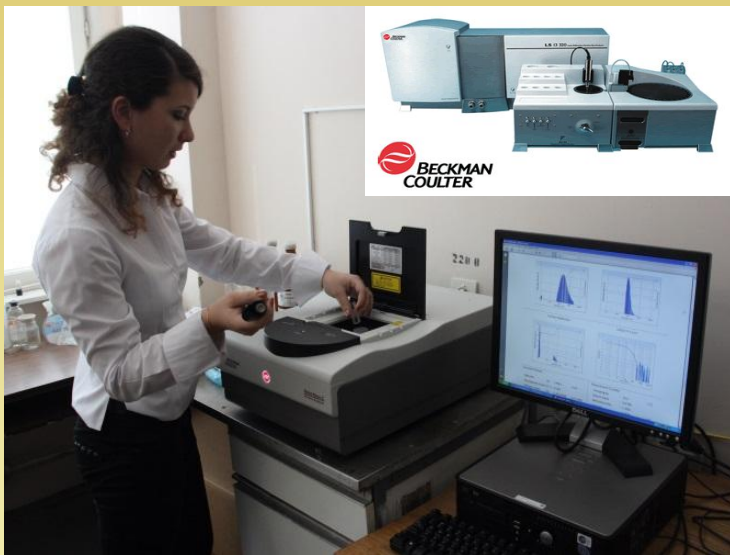
# Лаборатория исследования дисперсных систем



*Инженер, А.И. Львовский*

В лаборатории исследуют различные дисперсные материалы и получают следующие характеристики:

- распределение частиц дисперсной фазы по размерам в широких пределах - от 0.7 нм до 2000 нм;
- показатели преломления жидких и твердых материалов методами оптической микроскопии и рефрактометрии;
- форму, размер, периметр и некоторые другие геометрические характеристики частиц методом оптической и сканирующей зондовой микроскопии с использованием компьютерного анализа изображений;
- удельную поверхность и пористость материалов.





# Материально-техническое обеспечение учебного процесса



Атомно-абсорбционный спектрометр AAnalyst 200 фирмы PerkinElmer



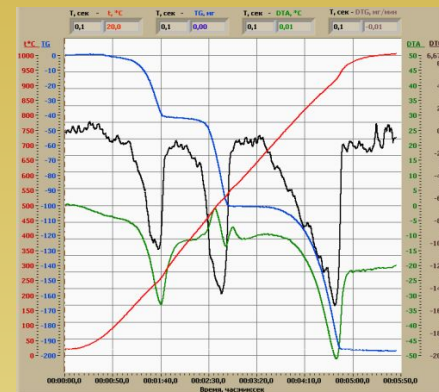
Дериватограф Q-1500 («МОМ», Венгрия), с программным обеспечением, созданным в среде LabVIEW 8.6.1



Лазерный анализатор размеров частиц LS 13320, Beckman-Coulter



DelsaNano C – анализатор размеров частиц и дзета-потенциала, Beckman-Coulter



SA™ 3100 Анализатор удельной поверхности и пористости, Beckman-Coulter



Микроскоп металлографический МИМ-8



Сканирующий зондовый микроскоп NanoEducator, NT MDT



Микроскоп оптический Olympus CX31

# Монографии, учебники, учебные пособия.

## Учебники:

- Коровин С. С., Зимина Г.В., Резник А.М. Редкие и рассеянные элементы. Химия и технология : в 3 кн. : учебник для вузов / под ред. С. С. Коровина. — М. : МИСИС, 1996. Кн. 1. — 376 с.
- Коровин С.С., Дробот Д.В., Федоров П.И. Редкие и рассеянные элементы. Химия и технология : в 3 кн. : учебник для вузов / под ред. С. С. Коровина. — М. : МИСИС, 1999. Кн. 2. — 464 с.
- Коровин С.С., Букин В.И., Федоров П.И., Резник А.М. Редкие и рассеянные элементы. Химия и технология : в 3 кн. : учебник для вузов / под ред. С. С. Коровина. — М. : МИСИС, 2003. Кн. 3. — 440 с.

## Монографии:

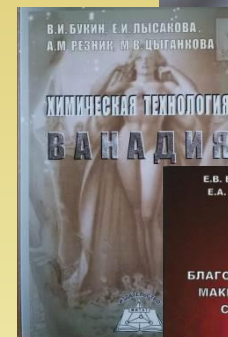
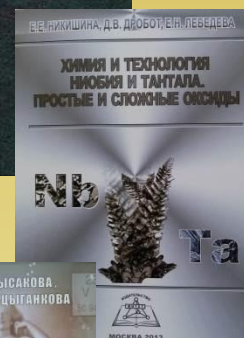
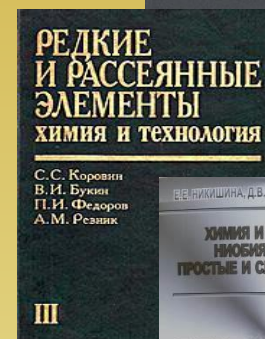
- Букин В.И., Лысакова Е.И., Резник А.М., Цыганкова М.В. Химическая технология ванадия. — М.: Издательство МИТХТ, 2012. –88 с. Никишина Е.Е., Дробот Д.В., Лебедева Е.Н. Химия и технология ниобия и тантала. Простые и сложные оксиды. — М.: Издательство МИТХТ, 2013. – 178 с.
- Волчкова Е.В., Буслаева Т.М., Мишихина Е.А., Громов С.П. Экстракция благородных металлов макроциклическими соединениями. — М.: Издательство МИТХТ, 2013. –112 с.

## Учебные пособия:

- Чернышова О.В. Обжиговые печи. [Электронный ресурс]. — М.: РТУ МИРЭА, 2018. — Электрон. опт. диск (ISO), 64 стр.
- Дробот Д.В., Лысакова Е.И., Резник А.М., Цыганкова М.В. Избранные главы химии и технологии редких элементов. Редкоземельные элементы. — М. Московский технологический университет (МИРЭА), 2018, — 108 с.

## Учебно-методические пособия:

- Никишина Е.Е., Лысакова Е.И. Методы исследования растворимых систем: лабораторный практикум — М. Московский технологический университет (МИРЭА), 2019, 78 с.
- Волчкова Е.В., Милушкова Е.В.. Защита интеллектуальной собственности [Электронный ресурс]. — М.: РТУ МИРЭА, 2018. — Электрон. опт. диск (ISO). 72 стр.
- Волчкова Е.В., Лысакова Е.И. Сорбция и ионный обмен. [Электронный ресурс]. — М: МИРЭА, 2017, Электрон. опт. диск (ISO), 68 стр.





## Места выполнения практик, научно-исследовательских работ, выпускных квалификационных работ:

- Институт тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова;
- Институт общей и неорганической химии имени Н.С. Курнакова РАН;
- Институт физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина РАН;
- Институт металлургии и материаловедения имени А.А. Байкова РАН;
- Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии;
- Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН;
- Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»;
- Акционерное общество «Научно-производственный комплекс «Суперметалл» имени Е.И. Рыввина»



# Научные программы, в которых участвуют сотрудники кафедры:



## Российский Фонд Фундаментальных исследований:

- Фундаментальные основы контролируемого (фазовая однородность, размеры частиц, магнитные свойства) синтеза новых высокоактивных магнитных нанокompозитов на основе железа, кобальта и никеля с использованием их ненасыщенных карбоксилатов в качестве предшественников (Семенов С.А., Дробот Д.В., аспиранты, студенты).
- Фундаментальные основы синтеза оксидных материалов на основе редких d – элементов (Zr, Hf, Nb, Ta, Re, Mo, W): природа предшественников, стратегия синтеза, свойства материалов (Никишина Е.Е., Лебедева Е.Н., Дробот Д.В., Куликова Л.С., Чернышова О.В., студенты).
- Развитие физико-химических основ получения простых и сложных оксидов переходных элементов с использованием сверхкритических флюидных технологий (СКФ) - шаг к созданию эффективных функциональных материалов электронной техники (Фомичев В.В., студенты, аспиранты).



## Грант президента Российской Федерации:

Физико-химические основы получения ультра- и нанодисперсных порошков никеля и редких металлов, обладающих высокой термической устойчивостью и каталитической активностью (Ефремова Е.И., Куликова Е.С., студенты).

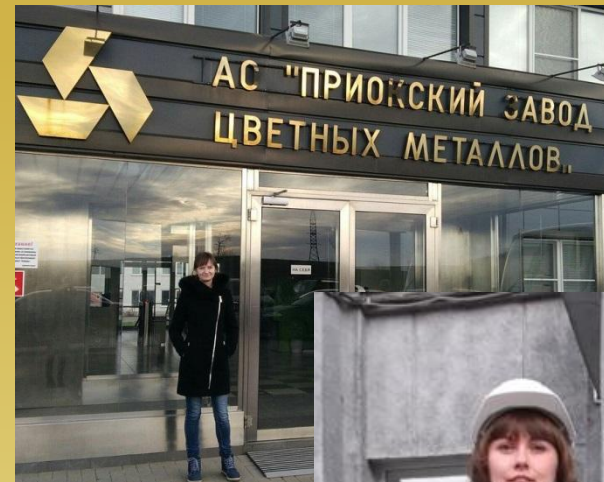


## Государственный бюджет:

Направленный поиск и контролируемый синтез новых функциональных материалов на основе соединений редких элементов (М.В. Цыганкова, А.М. Хорт).

## Где работают выпускники: перечень ключевых предприятий

- ОАО «Корпорация ВСМПО – АВИСМА».
- ПАО «ГМК «Норильский никель».
- ОАО «Соликамский магниевый завод».
- ОАО «НПК «СУПЕРМЕТАЛЛ»;
- Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук (ИОНХ РАН).
- Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН).
- АО "Приокский завод цветных металлов".
- ОАО «Красноярский завод цветных металлов имени В.Н. Гулидова».
- Объединённая компания «РУСАЛ»
- Группа компаний «Скайград»
- ИФХЭ РАН им. А.Н. Фрумкина
- ОАО ВНИИХТ
- АО ВНИИНМ им. А.А. Бочвара



## Выдающиеся выпускники



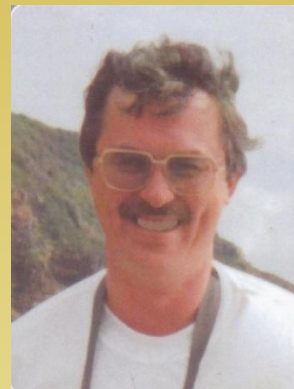
*К.С. Гавричев – д.х.н.,  
заместитель  
директора ИОНХ РАН  
по научной работе (до  
2012 г.)*



*В.П. Бобров – директор  
Заполярного филиала  
ГМК «Норильский  
Никель» (2002-2004 гг.)*



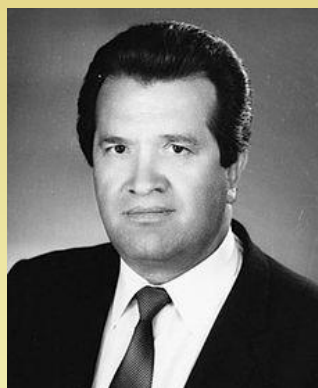
*Д.Л. Мельников –  
генеральный директор  
ОАО «Соликамский  
магниевый завод» 2015-  
н.в. Гг.)*



*А.В. Мингажев – к.т.н.,  
главный технолог и  
начальник  
металлургического цеха  
№1 ГМК «Норильский  
никель»*



*П.Г. Детков –  
генеральный директор  
ОАО «Соликамский  
магниевый завод»  
1999-2001 гг.)*



*А.В. Филатов - генеральный  
директор Норильского горно-  
металлургического комбината имени  
А. П. Завенягина (1988—1996 гг.),  
первый генеральный директор  
концерна «Норильский никель»  
(1989—1996 гг.). Депутат Совета  
Федерации I созыва (1993—1996 гг.)*

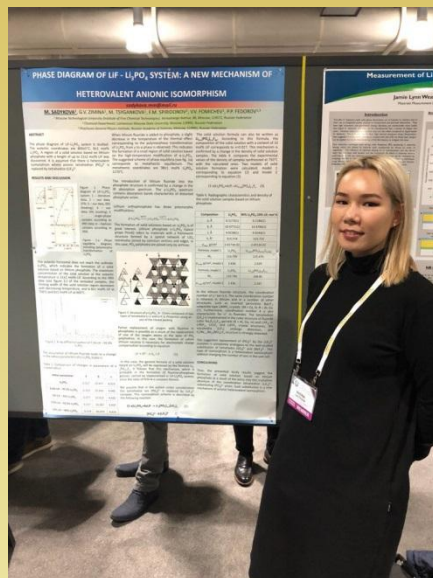


## Достижения студентов и аспирантов кафедры:

Студенты и аспиранты кафедры ХиТТРЭ и НКМ ежегодно принимают активное участие в российских и международных симпозиумах, конференциях и научных школах, организуемых научно-исследовательскими институтами РАН и химическими обществами.



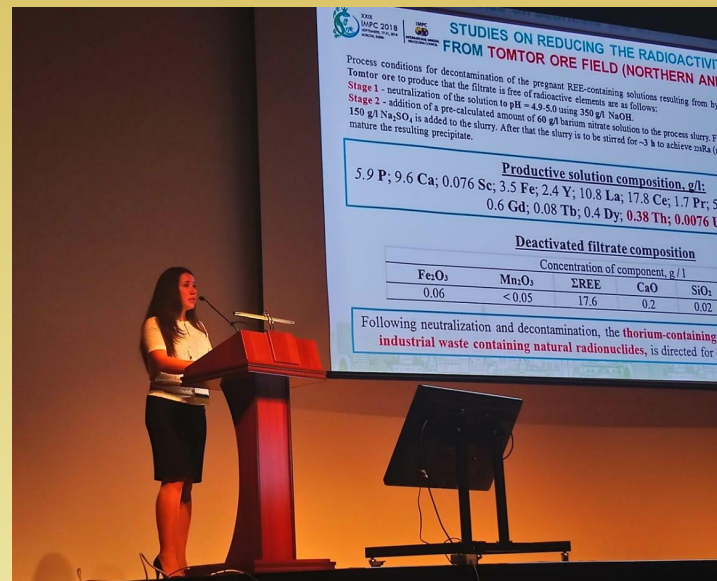
*Куликова Елизавета*  
VI Международная школа для молодых учёных RACIRI-2018 (о. Рюген, Германия, 2018)



*Садыкова Мадина*  
конференция MRS Fall Meeting & Exhibit (Бостон, 2017)



*Михеев Илья. IX Конференция молодых ученых по общей и неорганической химии (Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, 2019 г.)*



*Пермякова Наталья*  
International mineral processing congress (IMPC 2018, Москва)