



# Кафедра Электрохимии Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

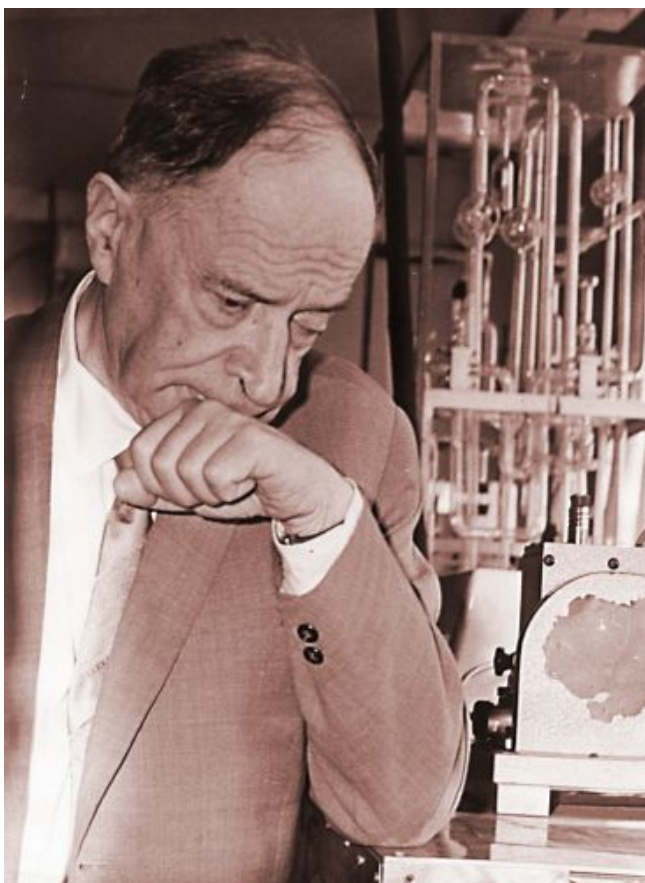
# Электрохимия в Московском университете



*«без знания электрохимии нельзя приступить к решению многих вопросов не только в области минеральной, но и органической химии; на законах электрохимии основаны методы исследования различных вопросов химической механики...»*

# Александр Наумович Фрумкин (1895-1976)

Зав. лабораторией технической электрохимии с 1930 года  
*основатель кафедры электрохимии (1933)*



В 1933 году А.Н.Фрумкин совершил прорыв в электрохимической кинетике - **создал теорию замедленного разряда**, связывающую скорость электродной реакции и строение заряженной межфазной границы. Это определило два основных взаимосвязанных направления работы кафедры электрохимии.

В 1957 году А.Н.Фрумкину была вручена главная международная научная награда по электрохимии – Палладиевая медаль.





**ПРИВЕТСТВИЕ ПРОЛЕТАРИАТУ АНГЛИИ  
В ЧЕСТЬ ЮБИЛЕЯ ФАРАДЕЯ,  
ВЫХОДЦА ИЗ РЯДОВ АНГЛИЙСКОГО  
РАБОЧЕГО КЛАССА**

*Принято торжественным заседанием научных и общественных организаций Москвы 23 сентября 1931 г.*

Торжественное заседание научных и общественных организаций Москвы в день столетней годовщины открытия электромагнитной индукции шлет привет английскому пролетариату, из рядов которого вышел основоположник учения об электричестве, провозвестник современной передовой техники Михаил Фарадей.

Учителя международного пролетариата Маркс и Энгельс гениально разгадали революционную роль электричества в первых опытах практического применения учения, созданного Фарадеем.

Великий вождь рабочих всего мира Ленин непосредственно руководил составлением первого государственного плана электрификации Страны Советов. Пролетариат Советского Союза под руководством ленинской коммунистической партии, сделавшей план электрификации своей второй программой, критически усваивая весь научно-технический опыт, накопленный человечеством, успешно строит социализм и реконструирует хозяйство страны на базе передовой индустриальной техники.

Следуя указаниям товарища Сталина, рабочие СССР овладевают техникой, в арсенале которой идеи Фарадея долго будут служить могучим революционным орудием технического развития.

Капитализм бессилён осуществить идеи Фарадея и других великих ученых в интересах трудящихся, лучшим подтверждением чего является глубочайший мировой кризис, охвативший все капиталистическое хозяйство.

Только торжество мировой пролетарской революции разорвет цепи, сковывающие технический прогресс человечества, и откроет неограниченные возможности в деле дальнейшего использования электричества, начало чему положил великий Фарадей.

«Мы ... должны произвести какой-то сдвиг. Сейчас лаборатории ученых... куют мощное орудие, которое позволит нам овладеть силами природы в большей степени, чем до сих пор это было возможно. ...

....этим орудием должна полностью овладеть та страна, которая .... строит новую жизнь невиданных масштабов.»

А.Н.Фрумкин,  
*из выступления на I Всесоюзной конференции по планированию науки.*

**В 1999 году Международное электрохимическое общество (ISE) учредило памятную медаль А.Н.Фрумкина за выдающийся вклад в фундаментальную электрохимию.**



**Профессора Б.Б.Дамаскин и О.А.Петрий - лауреаты медали А.Н. Фрумкина 2005 и 2009 г.г., заведующие кафедрой электрохимии в период 1976 – 1998 и 1998 – 2008 гг.**

# Страницы истории кафедры

## Основные направления:

- 1) Кинетика электродных процессов (**З.А. Иофа, Б.Н. Кабанов**)
- 2) Исследование поверхности благородных металлов – начало работ по электрокатализу (**А.И. Шлыгин, В.И. Медведовский**)
- 3) Исследование адсорбции ПАВ

## В годы войны:

*электрохимическая лаборатория при Народном комиссариате автомобильного транспорта СССР в Ашхабаде (заведующий лабораторией – проф. З.А. Иофа): разработан способ производства свинцовых аккумуляторов из местного сырья*

**А.Н. Фрумкин и З.А. Иофа** (1944 год) работы по кинетике выделения водорода на ртутном электроде из концентрированных растворов. Позднее работы **В.С. Багоцкого** о влиянии состава раствора на водородное перенапряжение



**З.А.Иофа**  
(1895 - 1989)



**Б.Н. Кабанов**  
(1903 - 1988)



**В.С. Багоцкий**  
(1920 - 2012)

# Страницы истории кафедры

**1952 год** - первая в мире монография по электрохимической кинетике «Кинетика электродных процессов». Авторы: **А.Н. Фрумкин, В.С. Багоцкий, З.А. Иофа и Б.Н. Кабанов**



сопровождлось бы большим перенапряжением. Следы мышьяка, платины и др. вещества в электролите свинцового аккумулятора являются исключительно вредными именно потому, что эти вещества снижают перенапряжение водорода на свинце, и в присутствии их большая часть химической энергии аккумулятора тратится на бесполезное выделение водорода на отрицательном электроде (саморазряд аккумулятора).

Приведенные примеры показывают, что при решении практических вопросов часто бывает полезным теми или другими путями понижать или повышать водородное перенапряжение на разных электродах. Это может быть достигнуто правильным подбором материала и состояния поверхности электрода, состава раствора и, наконец, режима электролиза—

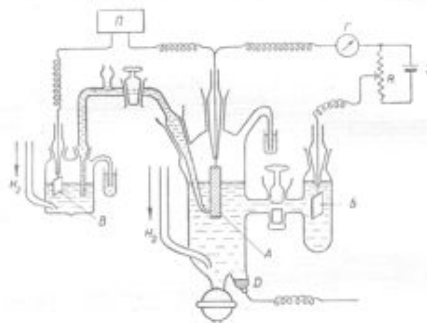
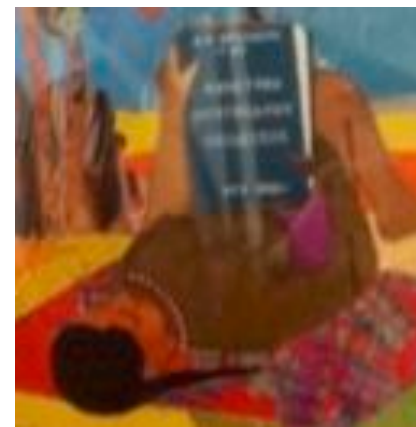


Рис. 65. Схема прибора для измерения водородного перенапряжения: *A*—исследуемый электрод, *B*—вспомогательный электрод для поляризации, *B*—водородный электрод для измерений потенциала, *G*—гальванометр, *D*—вспомогательный электрод для очистки раствора, *P*—потенциометр, *R*—реостат, *Z*—источник тока

температуры, плотности тока и т. д. Задача эта может быть решена только на основе тщательного изучения влияния всех этих факторов в отдельности на кинетику процесса катодного выделения водорода.

Методы измерения перенапряжения сводятся к измерению потенциала электрода во время прохождения через него электрического тока. Измерения можно производить, например, по схеме, изображенной на рис. 65.

Исследуемый электрод *A* поляризуется при помощи вспомогательного электрода *B*, т. е. через цепь, состоящую из этих двух электродов, пропускается ток от внешнего источника *Z*. При изучении процесса восстановления ионов водорода изучаемый электрод включается катодом. Сила тока регулируется реостатом *R* и отсчитывается при помощи амперметра или гальванометра *G*. Потенциал  $\varphi_A$  электрода *A* не может быть измерен по отношению к вспомогательному электроду *B*, так как при прохождении тока потенциал этого электрода также смещается. По этой причине потенциал  $\varphi_A$  определяется при помощи второго вспомогательного электрода *B*, через который ток не проходит и потенциал которого поэтому остается постоянным. Разность потенциалов  $\varphi_A - \varphi_B$  может быть измерена





# Страницы истории кафедры

**1957 год** - Вращающийся дисковый электрод с кольцом был реализован **Л.Н. Некрасовым** (докторская диссертация **1973 года**) по предложению **А.Н. Фрумкина**. Теория этого электрода была развита **В.Г. Левичем** и **Ю.Б. Ивановым**, а задачу изготовления электрода решил мастер **Н.А. Алексеенков**.

**1958 год** - образован Институт электрохимии АН СССР

**1965 год** - докторская диссертация **Б.Б. Дамаскина** по изучению границы раздела ртуть/раствор электролита, в которой была развита количественная феноменологическая теория обратимой адсорбции ионов и органических соединений на электродах.

**1969 год** - докторская диссертация **Н.В. Федорович** по исследованию кинетики восстановления разнообразных анионов на жидких и твердых электродах.

# Страницы истории кафедры

1964 год – **открытие О.А. Петрием сплава платина—рутений** для окисления метанола.

1968 год – **книга «Адсорбция органических соединений на электродах»**.  
Авторы Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий и В.В. Батраков

1970 год - докторская диссертация **О.А. Петрия**, в которой была развита и экспериментально подтверждена термодинамическая теория поверхностных явлений на обратимых электродах .

1976 год – докторские диссертации: **Б.И. Подловченко** по исследованию адсорбционных и электрокаталитических свойств платиновых металлов и **В.В. Батракова** по исследованию коррозионных процессов

1979 год – **книга А.Н. Фрумкина «Потенциалы нулевого заряда»**, которая после смерти А.Н. Фрумкина была подготовлена к печати Б.Б. Дамаскиным и О.А. Петрием

1985 год - докторская диссертация **В.Н. Коршунова** по исследованию амальгамным систем, в 1990 году вышла монография «Амальгамные системы»

### **Докторские диссертации:**

**Е.В. Стенина** (1986) по исследованию двумерной конденсации органических соединений на ртутном электроде.

**В.А. Сафонов** (1991) по исследованию адсорбционных явлений в неводных и водно-органических средах, в том числе на обновляемых поверхностях твердых электродов

**Г.А. Цирлина** (1996) по исследованию анодной электрокристаллизации нестехиометрических оксидов.

*Цирлина Г.А., Путилин С.Н., Петрий О.А., Антипов Е.В., Я.Г. Пономаров, Х.Рахимов. Низкотемпературный электросинтез и свойства таллиевых ВТСП-покрытий.// Сверхпроводимость: физика химия, техника. 1991. Т.4. С.1580-1586.*

**С.Ю. Васильев** (2010) по исследованию с помощью туннельной микроскопии-спектроскопии электродных и электроосажденных материалов (включая работы по **инертному аноду**)

*S. Yu. Vassiliev, V. K. Laurinavichute, A.M. Abakumov, V.A. Govorov, E.B. Bendovskii, S. Turner, A. Yu. Filatov, V.P. Tarasovskii, A.G. Borzenko, A.M. Alekseeva, and E.V. Antipov  
Microstructural Aspects of the Degradation Behavior of **SnO<sub>2</sub>-Based Anodes for Aluminum Electrolysis** // JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY. 2010. Vol.157, P. 178-186.*

# Монографии, учебники

**1975 год** - Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. «Введение в электрохимическую кинетику»

**1978 год** - Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. «Основы теоретической электрохимии»

**1985 год** – «Электродные процессы в растворах органических соединений» / Под ред. Б.Б. Дамаскина

**1991 год** - Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Подловченко Б.И., Сафонов В.А., Стенина Е.В., Федорович Н.В. «Практикум по электрохимии»

**2001 год** – Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий и Г.А. Цирлина «Электрохимия»

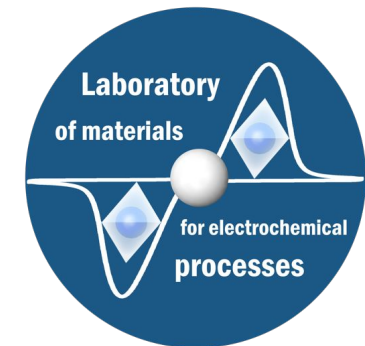


# Структура кафедры

## Лаборатории:

- 1) Двойного слоя и электрохимической кинетики
- 2) Электрохимической энергетики
- 3) Электродкатализа и коррозии

**4) Материалов для электрохимических процессов (с 2013 года)**



**5) Фундаментальных исследований проблем получения алюминия (ЛФИППА) (с 2006 года)**

6) Химии высоких энергий (радиационной химии)

# Статистические данные

Число статей в top-25

	Name	Value
1	Кафедра физической химии	813
2	Кафедра органической химии	710
3	Кафедра электрохимии	646

<b>Состав кафедры:</b>	<b>53</b>	<b>Э/х</b>	<b>Р/х</b>
Преподаватели	4	3	1
Научные сотрудники	38	25	13
Инженеры и лаборанты	11	5	6
<b>Выпускники кафедры:</b>			
Дипломники	505	330	175
Аспиранты	232	177	55

# Лаборатория радиационной химии в составе кафедры электрохимии

*Лаборатория радиационной химии* (первая в мире университетская лаборатория этого направления) создана в *феврале 1954 года*

- Лабораторию возглавляли: *проф. Н.А. Бах (1954 – 1973);*
- *проф. Л. Т. Бугаенко (1974 – 2000); проф. В. И. Фельдман ( 2001 года)*



Лаборатория радиационной химии в 1974 году

# Лаборатория радиационной химии – Лаборатория химии высоких энергий сегодня



## Основные направления исследований:

1. Фундаментальные аспекты радиационной химии молекулярных систем: селективность и эффекты «тонкой настройки»
  2. Радиационно-химические превращения при гелиевых температурах; получение и исследование гидридов инертных газов
  3. Радиационно-химический синтез металл-полимерных нанокompозитов :
  4. Радиационно-химические превращения краун-эфиров и краун-содержащих систем
- Новые приложения: функциональные наноматериалы, космическое материаловедение



# Лаборатория фундаментальных исследований проблем получения алюминия



МГУ имени М.В. Ломоносова и ОК «РУСАЛ»

*Основана 6 марта 2006 г.*



## Цель:

Выполнение фундаментальных исследований в области производства алюминия и смежных областей для формирования стратегических направлений развития алюминиевой промышленности



# От лабораторных (МГУ) к промышленным (РУСАЛ) испытаниям металлических анодов



**МГУ (100 А)**



**ИТЦ-РУСАЛ (до 200 А)**

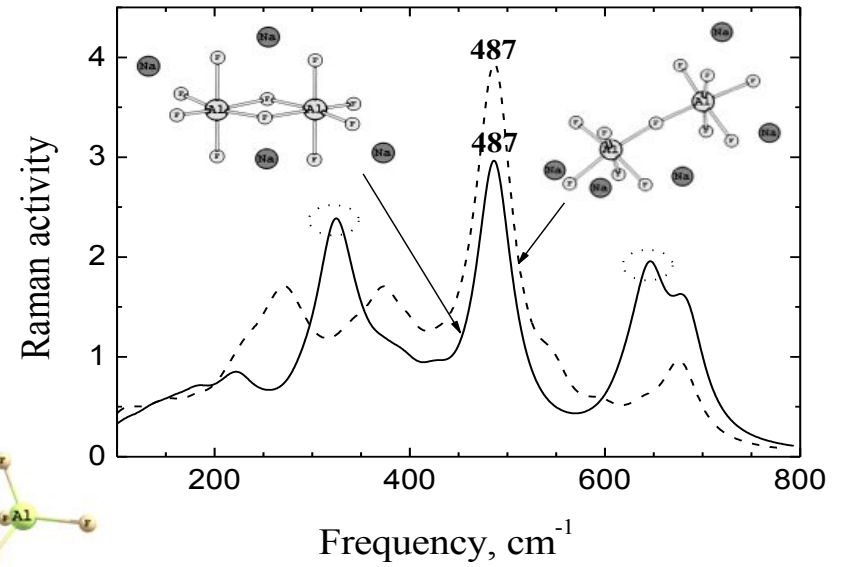
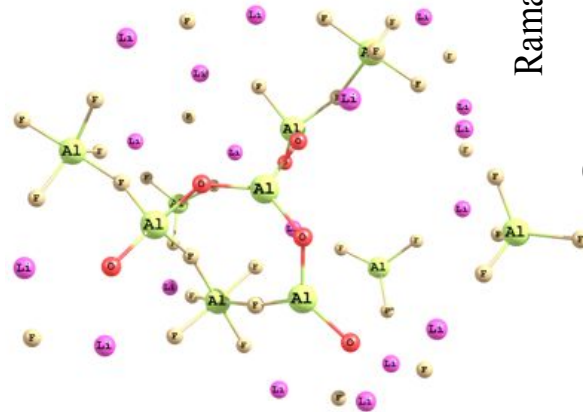
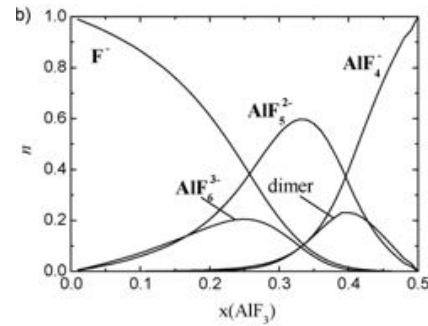


**КРАЗ-РУСАЛ (10.000 А)**

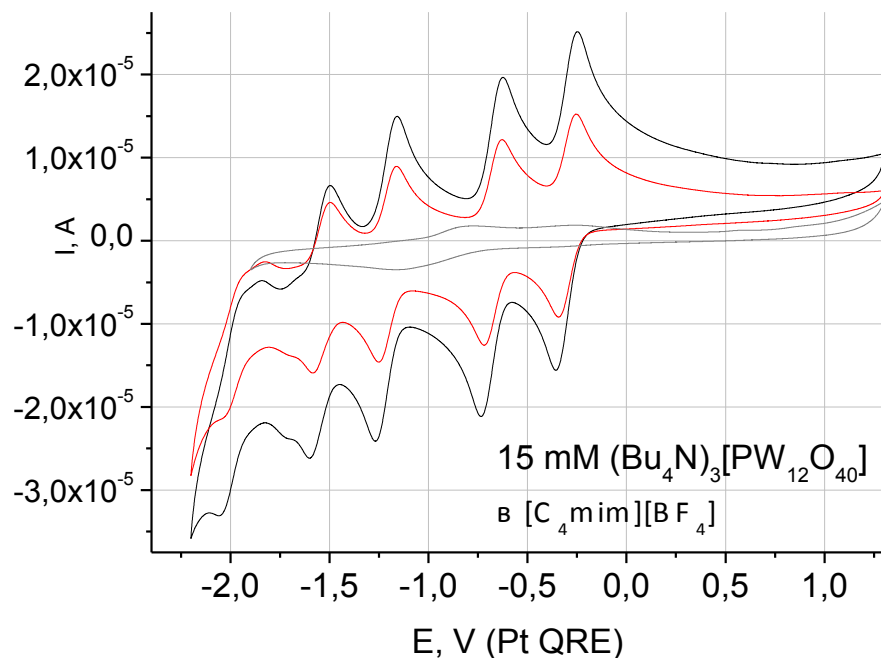
# Изучение строения криолит-глиноземных расплавов

•

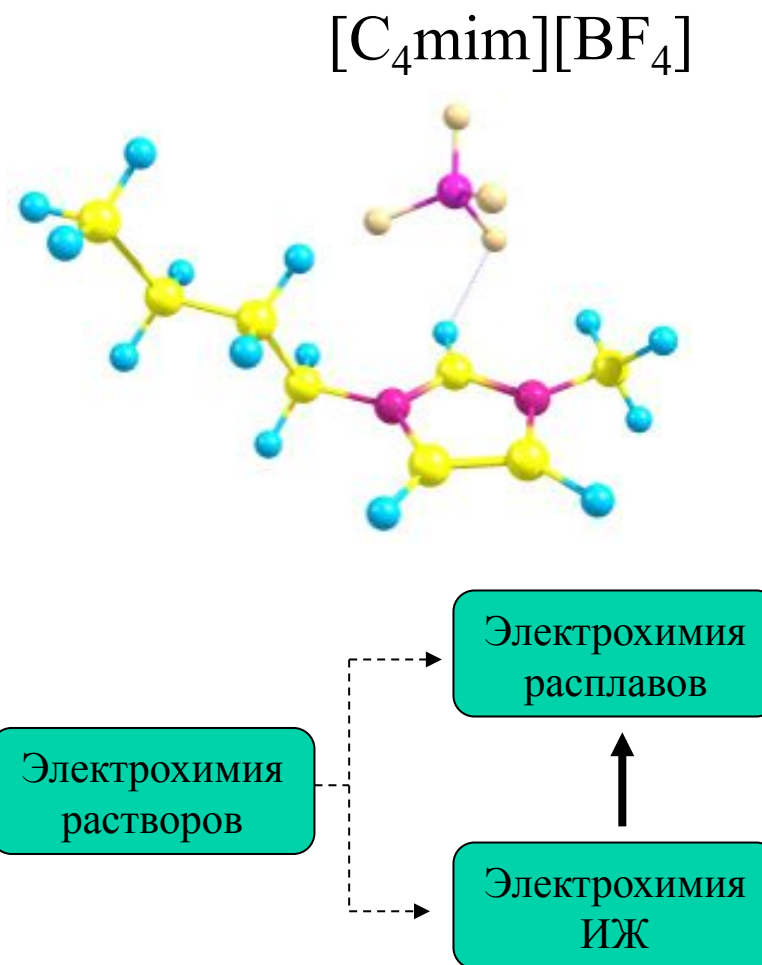
## Эксперимент, квантово-химическое моделирование



# Сольватация и кинетика электродных процессов в ионных жидкостях



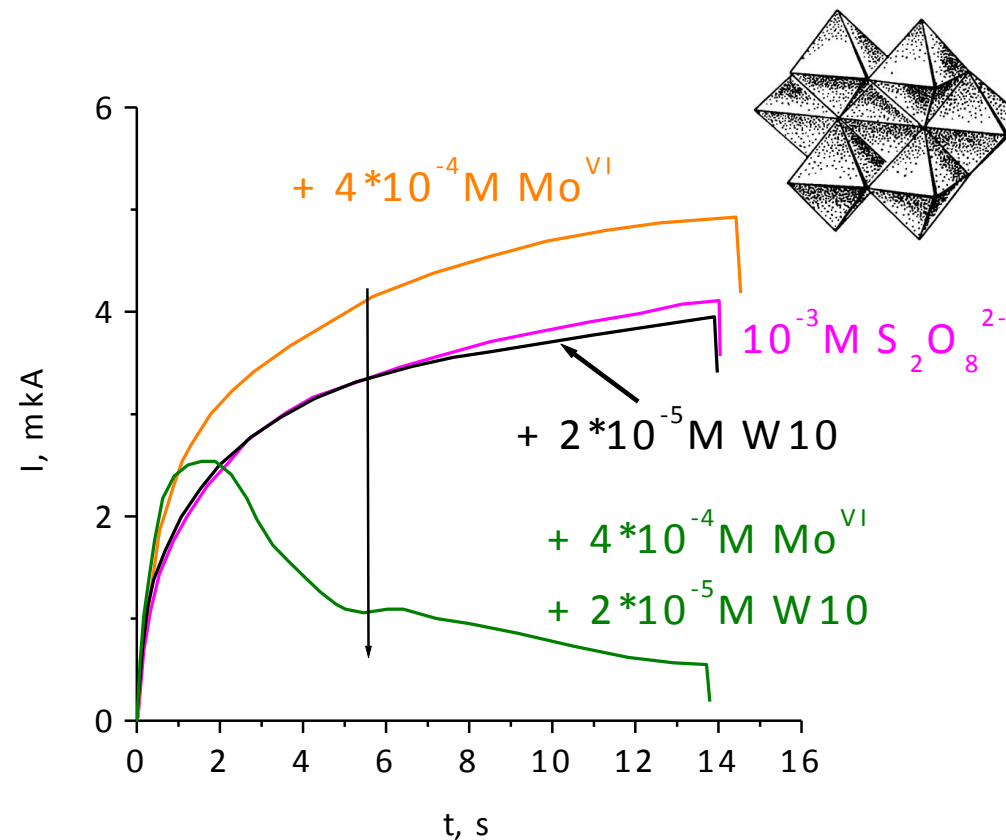
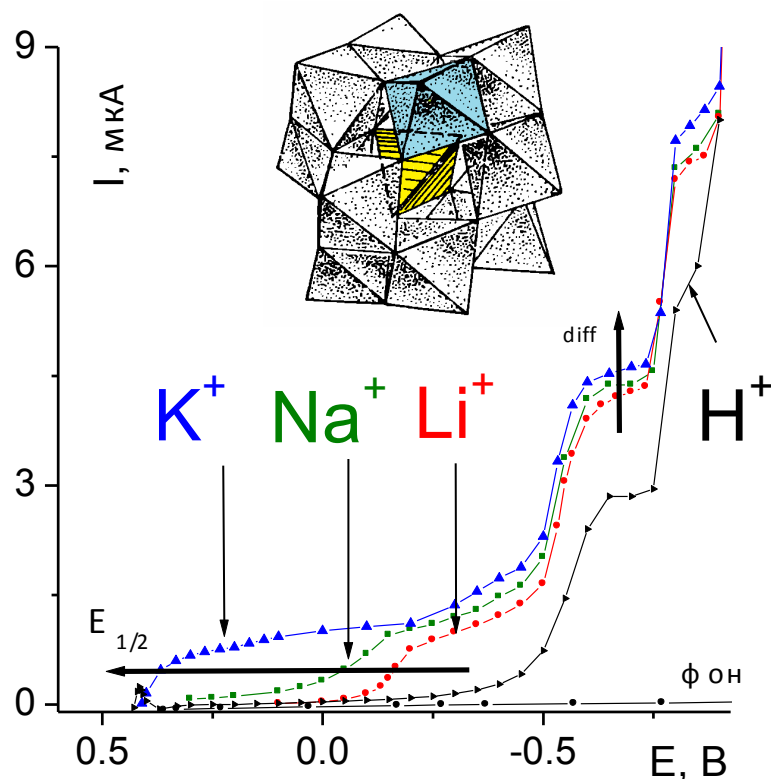
Продолжение тематики  
«Кинетика элементарного акта  
гетерогенного переноса электрона»,  
выросшей из кинетики восстановления анионов



Кандидатская диссертация В.А.Никитиной, защита в декабре 2013



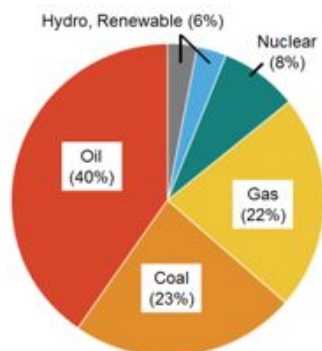
# Электродные превращения полиоксометаллатов



*Кандидатская диссертация Л.В.Пуголовкина, защита в декабре 2013*

# Center for Electrochemical Energy

**Oil and Gas consumption degrades the environment and exhausts a critical RF resource.**

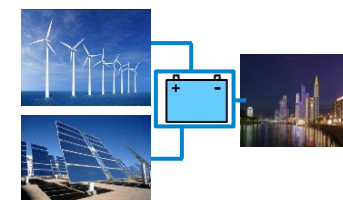


World Energy Consumption



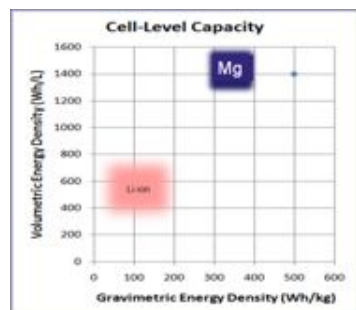
**Electrochemical energy storage provides efficient use of fossil fuels and commercial opportunities.**

- Grid-level power shaping and time shifting
- Energy buffering for intermittent alternative energy sources
- Transportation and mobile devices



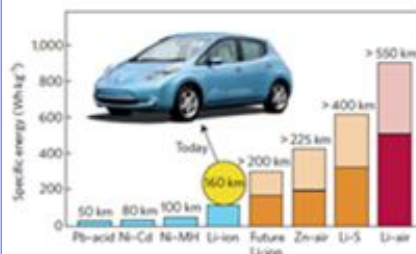
**Current electrochemical energy storage technology can not meet these needs, but there are known solutions.**

## Advanced Li and polyvalent ion batteries



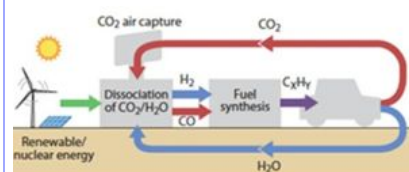
Mg<sup>2+</sup> vs. Li<sup>1+</sup>: 4-fold increase in capacity and density.

## Rechargeable metal-air batteries



Li-ion vs. Li-air: 3-fold increase.

## Fuel and Electrolysis Cells



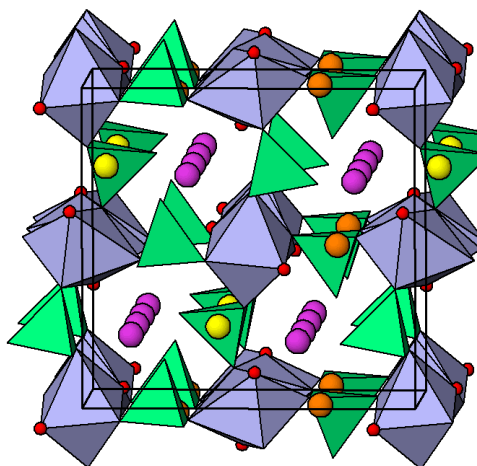
Efficiency improvements for stationary and mobile applications.

## Aqueous flow batteries

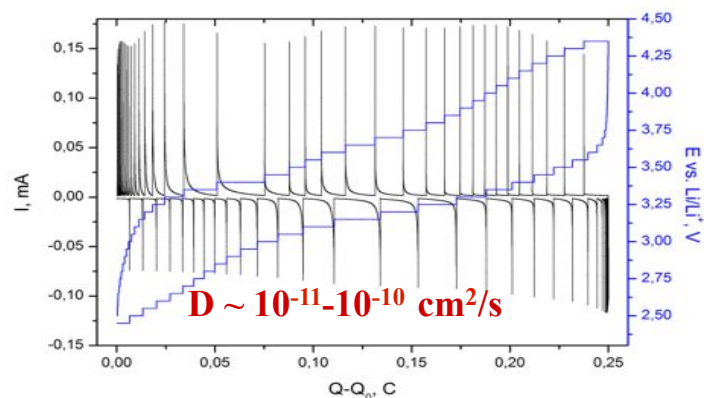


Suspension-based approaches Li-ion; with low cost, long life, safety, and flexibility.

# Новые катодные материалы для литий-ионных аккумуляторов: $\text{Li}_2\text{CoPO}_4\text{F}$ и $\text{Li}_2\text{FePO}_4\text{F}$



PITT: 2.7-3.7-2.7 V (vs. Li/Li<sup>+</sup>), 0.05 V step



“Твердый раствор” механизм



Высокий диапазон потенциалов

Катодный материал для высокоэнергоемких и мощных аккумуляторов

# Основные направления

- Структура заряженной границы и адсорбция — эксперимент, моделирование
- Новые электрокатализаторы и направленная модификация поверхности
- Адсорбционные и каталитические явления на платиновых металлах
- Кинетика элементарного акта переноса заряда — эксперимент и проверка квантово-механической теории
- **Computational Electrochemistry**
- **Сканирующая туннельная микроскопия и электрохимические нанотехнологии**
- «Электрохимия твердого тела» (электрокристаллизация, электрохимическая интеркаляция, прикладная электрохимия и т.д.)
- Электрохимия в расплавах и ионных жидкостях