

ISSN 2658-7920

ВЕСИ
№ 7,
2023
СПЕЦВЫПУСК



**К 65-ЛЕТИЮ ИНСТИТУТА
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИИ
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**



ИВТЭ

Институт высокотемпературной электрохимии
Уральского отделения Российской академии наук

ИВТЭ

65 лет
СОЗДАЕМ ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО

ВЕСИ

№ 7 (197) 2023
сентябрь
спецвыпуск

ЛИТЕРАТУРНО-ХУДОЖЕСТВЕННЫЙ, ИСТОРИКО-КРАЕВЕДЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ВЫХОДИТ ДЕСЯТЬ РАЗ В ГОД

К 300-летию Российской академии наук
К 65-летию Института высокотемпературной
электрохимии УрО РАН

Из истории Института	7
Павел Архипов	
Взгляд в будущее	13
Юрий Зайков	
Традиции и возможности	14
Василий Докучаев	
Лаборатория расплавленных солей	17
Владимир Хохлов	
Преемственность как метод	19
Людмила Елицина	
Лаборатория химических источников тока	20
Александр Дедюхин	
О современной лаборатории коррозии	22
Дмитрий Медведев	
К вопросу о протонных электролитах	24
Анатолий Демин	
Свой путь	26
Николай Шуров	
Повороты судьбы	28
Георгий Шехтман	
«Любить науку в себе»	30
Валерий Захаров	
Случай	32
Сергей Шжерин	
Я очень счастливый человек	33
Валерий Горелов	
Времена и люди	35
Эдгем Курумчин	
Понимание процессов	37
Лидеры – известные ученые и организаторы производства	38

В подготовке спецвыпуска принимали участие:

Дарья Мирзаянц, Мария Неупокоева, Виктор Степанов, Елена Понизовкина, Владимир Запарий.
Фото предоставлены ИВТЭ УрО РАН.

Особая благодарность С.Г.Новикову за фотопортреты работников Института.

УЧРЕДИТЕЛИ:

Администрация
Восточного управленческого округа
Правительства Свердловской области
(623850, Свердловская
область, г. Ирбит, ул. Елизарьевых, 23)

Учреждение культуры
«Банк культурной информации»
(620100, г. Екатеринбург,
п/о 100, а/я 51).

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
Т.Е.Богина

ИЗДАТЕЛЬ И РЕДАКЦИЯ:
Учреждение культуры
«Банк культурной
информации»

АДРЕС ИЗДАТЕЛЯ И РЕДАКЦИИ:
620100, г. Екатеринбург,
п/о 100, а/я 51
сайт: www.ukbki.ru
e-mail: ukbkin@gmail.com

Зарегистрирован Управлением Федеральной службы по надзору за
соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций
и охране культурного наследия по Уральскому федеральному округу
1 апреля 2005 года, ПИ № ФС11-0139.

Мнения авторов могут не совпадать с точкой зрения редакции.

Редакция не возражает против перепечатки материалов, опубликованных в
журнале, при обязательном соблюдении их целостности, указания имени автора и со ссылкой на журнал «Веси».
Электронный вариант журнала размещается в Интернете: www.ukbki.ru.

Рукописи, направленные в журнал «Веси» по почте, по электронной почте или переданные лично, редакция
рассматривает как предложенные для издания и оставляет за собой право их публиковать на страницах журнала без
дополнительного согласования с автором.
Рукописи не рецензируются и не возвращаются.
Обложка: (1) фото Ивана Шилова, (2) Рисунок Анны Чеберяк.

Подписано в печать 11.09.2023 г.

Отпечатан в АО «ИПП «Уральский рабочий», 620990, г. Екатеринбург, ул. Тургенева, 13.

Тираж 2500 экз. Цена свободная.



Российской
Генеалогической
Федерации «За вклад
в развитие генеалогии
и прочих специальных
исторических
дисциплин»
2-й степени

имени Н.К.Чупина



имени Л.К.Татьяничевой

Журнал награжден почетными знаками



Российской академии
естественных наук
«Звезда успеха»

Союза старателей
России «Заслуженный
старатель России»



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



World Federation
of UNESCO clubs,
centers and associations



Издается под патронатом Все-
мирной федерации ассоциаций, цен-
тров и клубов ЮНЕСКО, Федерального
агентства по делам Содружества Не-
зависимых Государств, соотечествен-
ников, проживающих за рубежом, и
по международному гуманитарному
сотрудничеству, Российской библи-
отечной ассоциации и Российского
представительства ТИССИН.

Международный
Комитет по
Сохранению
Индустриального
Наследия.
Российское
представительство.



ПОПЕЧИТЕЛЬСКИЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА:

президент Российской
библиотечной ассоциации, директор
Государственной публичной
исторической библиотеки России
Михаил Дмитриевич АФАНАСЬЕВ

заместитель генерального директора
Российской национальной библиотеки
Владимир Руфинович ФИРСОВ

член Исполнительного
Совета Всемирной Федерации АЦК ЮНЕСКО,
казначей Европейской
федерации АЦК ЮНЕСКО
Юлия Александровна АВЕРИНА

член Федеративного совета
Союза журналистов России,
Дмитрий Павлович ПОЛЯНИН

УФАН

360



Вх. № 199
"14" 1957 г.

ПРЕЗИДИУМ АКАДЕМИИ НАУК СОЮЗА ССР

ПОСТАНОВЛЕНИЕ

*М. П. Михомину
М. П. Смирнову
И. П. Резавичеву
Г. П. Блохину*

от 6 декабря 1957 г. № 805
г. Москва

Об организации Института электрохимии
в Уральском филиале АН СССР

*Уралу
по
И. П. Резавичеву
Г. П. Блохину
М. П. Смирнову
М. П. Михомину
14.12.57*

В соответствии с постановлением Президиума АН СССР от 28 июня 1957 г. № 517 о дальнейшем развитии научных исследований в области высокотемпературного электролиза в Уральском филиале Президиум Академии наук СССР ПОСТАНОВЛЯЕТ:

1. Организовать с 1 января 1958 г. Институт электрохимии в г. Свердловске в составе Уральского филиала АН СССР на базе Лабораторий электрохимии.

2. Наметить следующие научные направления Института электрохимии УФАНА:

а) исследование электрохимических процессов при высоких температурах, включая изучение физико-химических свойств солевых расплавов;

б) выяснение механизма и кинетики электродных процессов на границе между металлами или полупроводниками (окислы, карбиды) и расплавами;

в) электролитическое получение тугоплавких металлов из расплавов;

г) усовершенствование существующих и разработка новых электролитических способов производства, а также рафинирования ряда редких и малых металлов (циркония, титана, бериллия, тория, тантала и других);

д) исследования по высокотемпературным химическим источникам тока с жидким и твердым электролитами. Систематические исследования по проблеме топливного элемента с целью выяснения возможности практического использования таких источников тока;

ГЛУБОКОУВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ, ДРУЗЬЯ!

Поздравляю вас с 65-летием со дня основания Института высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук!

За прошедшие годы сотрудники Института совершили значимые научные открытия в сфере высокотемпературной физической химии, электрохимии расплавленных солей и твердых электролитов. Благодаря усердному труду коллективом Института были разработаны ресурсосберегающие, безопасные для окружающей среды электрохимические технологии, эффективные высокотемпературные устройства и функциональные материалы.

Сегодня Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН выступает настоящим флагманом академической электрохимической науки. Он является участником и инициатором масштабных проектов, которые реализуются совместно с ведущими производственными компаниями и научными центрами России. Институт проводит исследования, которые представляют особую важность укрепления научно-технологического суверенитета нашей страны, способствуют дальнейшему развитию атомной отрасли, альтернативной энергетики, полноценной реализации космических программ.

И, конечно, самые теплые, искренние поздравления с юбилеем – в адрес тех, кто стоял у истоков создания Института, формировал научные школы и своим трудом задал планку высочайшего профессионализма, на которую равняется нынешний коллектив ИВТЭ УрО РАН.

От всей души желаю вам доброго здоровья, новых научных достижений и плодотворной работы.

*Президент Российской академии наук, академик
Г.Я.Красников*

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Уральское отделение Российской академии наук от всей души поздравляет вас и научный коллектив института с 65-летием!

Вам есть чем гордиться сегодня. Институт высокотемпературной электрохимии – один из ведущих институтов в Уральском отделении РАН, где проводятся передовые фундаментальные и прикладные исследования на Урале. Здесь создана уникальная научная база, позволяющая получать результаты мирового уровня в области высокотемпературной физической химии и электрохимии.

Институт высокотемпературной электрохимии имеет богатую историю, полную ярких открытий и славных традиций. Передовые достижения ученых Института в области синтеза и исследования структуры, физико-химических свойств электролитов, термодинамики и кинетики электрохимических процессов признаны мировым научным сообществом и отражены в многочисленных научных публикациях и патентах.

Сегодня ИВТЭ УрО РАН динамично развивается. Ведутся исследования фундаментального и прикладного характера в области водородной энергетики, ресурсосберегающих и экологически безопасных электрохимических технологий получения металлов, сплавов и химических соединений, переработки природного и техногенного сырья, включая ядерные материалы и отработанное ядерное топливо.

Достижения и успехи ИВТЭ УрО РАН – это, прежде всего, ежедневный кропотливый труд ученых-химиков – талантливых и трудолюбивых людей. Традиции подвижничества, неустанного творческого поиска всегда отличали ученых Института.

Важно, что Институт активно сотрудничает с вузами, научными учреждениями и предприятиями Урала и других регионов страны, ближнего и дальнего зарубежья, является инициатором и участником многих масштабных программ и проектов.

Сейчас научные знания приобретают все большее значение для достижения технологического суверенитета России и востребованы экономикой страны. И это открывает прекрасные перспективы для развития науки, формирования новых проектов и направлений исследований, привлечения в научную сферу талантливой молодежи.

Мы верим, что учеными ИВТЭ УрО РАН будет сделано еще немало важных научных открытий, будут созданы новейшие материалы с уникальными свойствами, разработаны технологии, которые принесут огромную пользу людям, послужат интересам общества.

Желаем всем сотрудникам Института успешного творческого поиска, неисчерпаемого вдохновения, новаторских идей, ярких достижений, крепкого здоровья, благополучия и веры в успех!

*Вице-президент Российской академии наук
Председатель Уральского отделения РАН
академик РАН В.Н.Руденко*

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

От имени Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и от себя лично поздравляю коллектив Института высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук с 65-летием со дня основания!

За прошедшие годы коллектив Института достиг исключительных результатов в разработке ресурсосберегающих, безопасных для природы и человека электрохимических технологий, что позволило установить надежные партнерские отношения с крупными предприятиями реального сектора экономики и обеспечить высокий авторитет страны в области электрохимии.

Сегодня Институт является одной из ведущих научных организаций России. Накопленный научный опыт позволяет Институту готовить в современных условиях востребованных квалифицированных специалистов, способствует динамичному развитию российской науки и сохраняет традиции, заложенные его основателями.

Искренне желаю коллективу Института дальнейших успехов в работе, крепкого здоровья, благополучия, процветания и новых выдающихся достижений.

*Д.С.Секиринский,
заместитель Министра науки
и высшего образования Российской Федерации*

УВАЖАЕМЫЙ ПАВЕЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ! УВАЖАЕМЫЙ ЮРИЙ ПАВЛОВИЧ!

От имени Уральского федерального университета и от себя лично поздравляю Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук с 65-летием!

На сегодняшний день Институт является лидером в области электрохимического материаловедения в России и широко известен за рубежом. Он вырос на традициях уральской научной школы электрохимиков и является уникальным профильным академическим учреждением, специализирующимся в области высокотемпературной физической химии и электрохимии расплавленных солей и твердых электролитов. На протяжении 65 лет ИВТЭ УрО РАН успешно проводит фундаментальные исследования, направленные на создание, развитие и использование теоретических и экспериментальных основ современной высокотемпературной физической химии и электрохимии расплавленных и твердых электролитов. Также большое внимание уделяется изучению принципов электрохимических методов получения и физико-химической диагностики новых материалов различного функционального назначения, эксплуатирующихся в жестких условиях агрессивных сред и высоких температур. В Институте на протяжении многих лет закладываются научные основы ресурсосберегающих, безопасных для природы и человека электрохимических технологий получения, рафинирования и защиты металлов, переработки неорганического сырья.

Принципиально важно, что большинство практических разработок и проектов Институт осуществляет при сотрудничестве с ведущими научными и производственными компаниями и исследовательскими центрами мира. И, конечно, не могу не отметить научное партнерство ИВТЭ УрО РАН и УрФУ. Сегодня в вашем Институте работают многие выпускники нашего университета и реализуют, в том числе, совместные стратегические научные проекты!

Уверен, что богатый опыт, успешные партнерства и прорывные разработки позволят Институту и в дальнейшем эффективно решать важнейшие задачи на благо жителей Урала и всей России.

Ректор УрФУ

В.А.Кокшаров

ИЗ ИСТОРИИ ИНСТИТУТА

ПЕРВЫЙ ПЕРИОД

ИВТЭ УрО РАН создан постановлением Президиума Академии наук СССР от 6 декабря 1957 г. № 805 как Институт электрохимии Уральского филиала АН СССР на базе лаборатории электрохимии расплавленных солей, возглавляемой профессором М.В.Смирновым. Тематика научных исследований этой лаборатории в 1932–1957 годах отражала потребности зарождавшихся на Урале магниевых и алюминиевых производств, а также технологий получения ряда металлов, интересных для атомных проектов.

Открытие нового академического учреждения, специализирующегося в области изучения свойств материалов при высоких температурах, послужило толчком для расширения и углубления исследований термодинамики и кинетики электродных процессов в системах ионный расплав–металл, а также всестороннего изучения совершенно новых тогда объектов – твердых электролитов.

Первым директором Института электрохимии был назначен лауреат Государственной премии СССР, Заслуженный деятель науки и техники РСФСР Михаил Владимирович Смирнов – профессор, доктор химических наук, видный ученый в области физической химии и электрохимии, заведующий лабораторией расплавленных электролитов (1949–1987).

На полустершихся архивных страницах исторического для института документа еще можно увидеть программу фундаментальных исследований, направленных на решение проблем электрохимического производства новых материалов, подготовки и переработки ядерного топлива и радиоактивных материалов, высокопроизводи-

тельных электрохимических источников тока:

исследование электрохимических процессов при высоких температурах, включая изучение физико-химических свойств солевых расплавов;

выяснение механизма и кинетики электродных процессов на границе между металлами или полупроводниками (окислы, карбиды) и расплавами;

электролитическое получение тугоплавких металлов из расплавов;

усовершенствование существующих и разработка новых электролитических способов производства, а также рафинирования ряда редких и малых металлов (циркония, титана, бериллия, тория, тантала и других);

исследования по высокотемпературным химическим источникам тока с жидкими и твердыми электролитами;

систематические исследования по проблеме топливного элемента с целью выяснения возможности практического использования таких источников тока;

изучение коррозионных процессов при высоких температурах, особенно в расплавленных электролитах.

Эта программа не потеряла своей актуальности и поныне, поскольку связана с разработкой научных основ новых перспективных технологий, имеющих стратегическое значение для обеспечения экономической и технологической независимости России.

Маленький, но чрезвычайно работоспособный коллектив, состоявший к моменту организации института всего из 18 человек, положил начало академической научной школы с четко сформулированным направлением исследований: физическая химия и электрохимия расплавленных и твердых электролитов.

В 1962 г. в Институте появилась лаборатория химических источников тока, которую возглавил Г.К.Степанов. Вначале в ней разрабатывали научные основы топливных элементов с расплавленным карбонатным электролитом. Затем под руководством Н.Н.Баталова тематика исследований существенно расширилась. Кроме карбонатных топливных элементов стали разрабатываться высокоемкие тепловые первичные и перезаряжаемые (аккумуляторы) химические источники тока, а затем и литиевые батареи с полимерными электролитами, которые получили дальнейшее развитие в рамках сотрудничества института с корейской фирмой «Самсунг».

Хорошим подспорьем в исследованиях расплавленных и твердых электролитов стали работы электрохимиков-теоретиков под руководством признанных ученых В.Н.Чеботина, И.В.Мурыгина, А.П.Хайменова и лауреата Государственной премии СССР В.Н.Некрасова. Изучение дофарадеевских процессов (предшествующих выделению продуктов электролиза), начатое в новой лаборатории межфазных явлений, которую возглавил лауреат Государственной премии СССР, Заслуженный деятель науки и техники РСФСР В.П.Степанов, оказалось весьма полезным для более глубокого понимания электродных реакций.

С приходом в институт С.В.Карпачева в созданной им лаборатории кинетики стали проводиться пионерские исследования особенностей электродных процессов на границе металлов и полупроводников с твердыми оксидными электролитами. Полученные знания были доведены до практического результата как в самой лаборатории, так и в лабораториях электрохимических устройств, электрохимии газов, топливных элементов, сенсоров. Существенный вклад в эти работы внесли А.Д.Неуймин, М.В.Перфильев, Б.Л.Кузин, А.К.Демин, В.П.Горелов, С.И.Сомов и возглавляемые ими коллективы.

В сентябре 1963 года М.В.Смирнова на посту директора Института электрохимии Уральского филиала АН СССР сменил известный российский ученый,

один из основателей школы высокотемпературной электрохимии, дважды лауреат Государственной премии СССР Сергей Васильевич Карпачев, заведующий лабораторией электрохимической кинетики твердых электролитов. В 1970 г. С.В.Карпачев избран членом-корреспондентом АН СССР.

На основании постановления Президиума Академии наук СССР от 14 января 1971 г. № 4 Институт переименован в Институт электрохимии Уральского научного центра АН СССР.

С 16 июля 1977 года директором Института электрохимии Уральского научного центра АН СССР становится Алексей Николаевич Барабошкин – доктор химических наук, профессор, обладатель ордена Красной Звезды (1944), ордена «Отечественной войны II степени» (1945), медали «За победу над Германией» (1946), медали «20 лет Победы» (1965), медали «50 лет Вооруженных Сил СССР» (1967), медали «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В.И.Ленина» (1970), медаль «30 лет Победы» (1975). Уже будучи директором Института электрохимии А.Н.Барабошкин удостоен звания Лауреата Государственной премии СССР (1988), ордена Отечественной войны 1-й ст. (1985), ордена Трудового Красного Знамени (1981), ордена Октябрьской революции (1985), а также избран Академиком РАН в 1987 году.

ГОДЫ РЕФОРМ

Результаты фундаментальных исследований определили области их практического применения:

Производство новых материалов с заданными свойствами для машиностроения, включая авиационное и ракетостроение, электроники, энергетики, синтетической химии и других отраслей промышленности, каталитические аспекты использования твердых и расплавленных электролитов.

Электрохимическая энергетика, связанная с протеканием окислительно-восстановительных реакций в электрохимических системах с расплавленными и твердыми электролитами (первичных источниках тока, аккумуляторах, топливных элементах и электро-

лизерах для получения водорода и риформинга природных топлив), обеспечивающих прямое и наиболее рациональное превращение химической энергии в электрическую.

Технологии глубокой переработки природного и техногенного сырья с использованием нетрадиционных (электрохимических) методов, включая подготовку ядерного горючего и переработку радиоактивных отходов.

На основании постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 29 сентября 1987 г. и постановления Президиума Академии наук СССР от 22 января 1988 г. № 12 Институт переименован в Институт электрохимии Уральского отделения АН СССР.

В 1988 году группа ведущих ученых Института за цикл работ «Разработка основ физической химии и электрохимии расплавленных электролитов» получила Государственную премию. Лауреатами стали А.Н.Барабошкин, Л.Е.Ивановский, Н.Г.Илющенко, В.Я.Кудяков, В.Н.Некрасов, И.Н.Озеряная, Н.А.Салтыкова, М.В.Смирнов, В.П.Степанов и В.А.Хохлов.

Даже в тяжелые 1990-е годы Институт не переставал заниматься технологическими аспектами, но больше внимания уделял теоретическим исследованиям кинетики электрохимических процессов, созданию новых материалов для электродов.

В связи с восстановлением Российской академии наук Указом Президента РСФСР от 21 ноября 1991 г. № 228 Институт включен в состав Российской академии наук как Институт электрохимии Уральского отделения Российской академии наук, и на основании постановления Президиума Российской Академии наук от 18 февраля 1992 г. № 70 Институт переименован в Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук.

В 1996 году директором ИВТЭ УрО РАН становится Владимир Антонович Хохлов – доктор химических наук (1985), удостоен медали «За трудовую доблесть» (1983), звания Лауреат Государственной премии СССР (1988). Будучи директором ИВТЭ УрО РАН,

В.А.Хохлов становится профессором по специальности «Физическая химия» (2003), а позже получает звание «Почетный работник науки и техники» (2012), удостоен медали им. основателя Института высокотемпературной электрохимии М.В.Смирнова (2018). Сейчас В.А.Хохлов главный научный сотрудник лаборатории расплавленных солей.

С 2006 года директор Института – Юрий Павлович Зайков – специалист в области физической химии и электрохимии растворов и расплавов, доктор химических наук (1993), профессор по специальности «Электрохимия» (2002), заслуженный деятель науки РФ (2008), лауреат премии им. А.Н.Барабошкина Уральского отделения РАН (2009), удостоен медали им. основателя Института высокотемпературной электрохимии М.В.Смирнова (2018), почетного диплома им. А.Н.Барабошкина за цикл научных работ «Электрокристаллизация кремния в расплавах солей и основы синтеза кремниевых наноматериалов» (2020) и медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» 2-й степени за вклад в развитие науки (2022). Сейчас Ю.П.Зайков – научный руководитель института.

С 2017 по 2020 гг. директором Института был доктор химических наук Максим Васильевич Ананьев, специалист в области кинетики изотопного обмена и исследования протонпроводящих электролитов.

С 2021 года Институт возглавляет доктор химических наук Павел Александрович Архипов, крупный специалист в области физической химии и высокотемпературной электрохимии расплавленных электролитов и технологий электрохимических производств; автор и разработчик уникальных электролизеров для получения легкоплавких металлов и сплавов.

В соответствии с постановлением Президиума Российской академии наук от 18 декабря 2007 г. № 274 Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук переименован в Учреждение Российской академии наук Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения РАН. А в 2011 году Институт пере-

именован в Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук (постановление Президиума Российской академии наук от 13 декабря 2011 г. №262).

В соответствии с Федеральным законом от 27 сентября 2013 г. № 253-ФЗ «О Российской академии наук, реорганизации государственных академий наук и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и распоряжением Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2013 г. № 2591-р Институт передан в ведение Федерального агентства научных организаций (ФАНО России).

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 15 мая 2018 г. № 215 «О структуре федеральных органов исполнительной власти» и распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 июня 2018 г. № 1293-р Институт передан в ведение Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

В настоящее время в Институте работает более 430 человек, около 150 – научные сотрудники в 11 подразделениях, включая 10 научно-исследовательских лабораторий и центр коллективного пользования «Состав вещества», а также центр метрологии и сертификации «Сертимет» и отдел конструкторско-технологического сопровождения. С 2020 г. в состав Института входит поликлиника и стоматологическое отделение.

Сегодня ИВТЭ УрО РАН является единственным профильным академическим учреждением, специализирующимся в области высокотемпературной физической химии и электрохимии расплавленных солей и твердых электролитов.

На протяжении 65 лет ИВТЭ УрО РАН проводит фундаментальные исследования, направленные на создание, развитие и использование:

теоретических и экспериментальных основ современной высокотемпературной физической химии и электрохимии расплавленных и твердых электролитов;

принципов электрохимических методов получения и физико-химической диагностики новых материалов различного функционального назначения, эксплуатирующихся в жестких условиях агрессивных сред и высоких температур;

научных основ ресурсосберегающих, безопасных для природы и человека электрохимических технологий получения, рафинирования и защиты металлов, переработки неорганического сырья;

принципов конструирования высокотемпературных устройств с расплавленными и твердыми электролитами, обеспечивающих прямое и наиболее рациональное превращение химической энергии в электрическую.

На сегодняшний день структура научно-исследовательских подразделений ИВТЭ УрО РАН такова:

Лаборатория расплавленных солей.

Лаборатория химических источников тока.

Лаборатория кинетики.

Лаборатория электродных процессов и гальванотехники.

Лаборатория радиохимии.

Лаборатория электрохимических устройств на твердооксидных протонных электролитах.

Лаборатория коррозии.

Лаборатория медицинского материаловедения и биокерамики.

Лаборатория высокотемпературной электрохимии актинидов и редкоземельных металлов.

Лаборатория электрохимических устройств и топливных элементов.

Центр коллективного пользования состав.

С 1965 г. в институте функционирует диссертационный совет Д 004.002.01 по защите диссертаций на соискание ученых степеней доктора химических наук, кандидата химических наук по специальностям: 02.00.04 – физическая химия, 02.00.05 – электрохимия, 05.17.03 – технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

В том числе институт имеет лицензию на реализацию аспирантской подготовки и прошел государственную аккредитацию по подготовке кадров высшей квалификации.

ДОСТИЖЕНИЯ

В числе важнейших достижений Уральской академической науки следует назвать работы ученых химического и электрохимического профиля.

В 30-е годы и в самом начале 40-х годов прошлого столетия в лаборатории под руководством С.В.Карпачева проводились исследования электрокапиллярных явлений в расплавленных солях и изучение контактных разностей потенциалов для различных пар жидких металлов.

В 1940–1950 годы сотрудниками лаборатории электрохимии расплавленных солей под руководством С.В.Карпачева были найдены пути увеличения производства алюминия и магния. С.В.Карпачев и С.И.Ремпель предложили добавлять в электролизные ванны при получении алюминия небольшое количество соединений кальция, что позволило увеличить выход металла (Al) на 4%¹. При крупных масштабах алюминиевого производства это было значительным достижением. Так, из алюминия, дополнительно полученного в течение года, можно было изготовить более ста самолетов. Кроме того, используя изобретение ученых, удавалось сэкономить электроэнергию столько, что ее хватило бы на освещение двух таких городов, как Свердловск тех лет.

За год-полтора до официального открытия (в январе 1958 г.) в Свердловске специализированного академического Института электрохимии, в рамках лаборатории электрохимии Института химии УФАИ СССР были начаты систематические исследования твердых тел, обладающих ионной проводимостью. Эти НИР фактически положили начало новому научному направлению – электрохимии твердых электролитов. Проведение названных исследований было продиктовано необходимостью создания твердого электролита для высокотемпературного топливного элемента.

Три кандидата наук С.Ф.Пальгуев, З.С.Волченкова и Л.Д.Юшина начали изучать вместе с помощниками-лаборантами широкий круг твердых оксидных систем. Исследовалась их электро-

проводность и другие свойства во взаимосвязи с кристаллической и дефектной структурой. Начинать пришлось, практически, с нуля, с разработки методик экспериментальных НИР и выбора наиболее перспективных объектов исследований. Первыми в качестве предполагаемых твердых электролитов были взяты индивидуальные оксиды поливалентных металлов, двойные и многокомпонентные оксидные системы. Были исследованы многие десятки систем.

С приходом в 1956 г. С.В.Карпачева в качестве консультанта этой тематики (консультанта, поскольку в это время он был еще и ректором Уральского Госуниверситета), в лаборатории, заведующим которой был С.Ф.Пальгуев, начали проводиться и теоретические исследования твердых электролитов (ТЭЛ) и гальванических элементов. Были получены очень интересные результаты для гальванических цепей с твердыми электролитами, особенно с ТЭЛ, обладающими наряду с ионной частично электронной проводимостью. Так были сделаны самые первые шаги в становлении нового научного направления – электрохимии твердых электролитов (ТЭЛ).

К концу 1957 года, накануне открытия Института высокотемпературной электрохимии, в составе научного коллектива лаборатории трудились 16 человек: М.В.Смирнов, Л.Е.Ивановский, З.С.Волченкова, С.Ф.Пальгуев, Л.Д.Юшина, В.Е.Комаров, Н.А.Логинев, Л.А.Циовкина, Н.Я.Чукреев, Ю.Н.Краснов, М.А.Пасынков, О.П.Починский, И.А.Шерстобитова, Н.А.Завьялов, Н.Е.Краева, Я.Б.Чернов.

Тематика проводимых в те годы лабораторией НИР была непосредственно связана не только с фундаментальными проблемами электрохимии, но и с потребностями уральской промышленности. И в первую очередь, с совершенствованием технологии электролитического получения из расплавов ряда стратегически важных металлов (Al, Mg, Be, Zr, Th, U и др.). Эти исследования были настолько актуальны и необходимы для страны, что Президиум АН СССР в декабре 1957 г. принял решение об организации, на базе этой лаборатории и с учетом первых весьма положи-

тельных результатов по исследованию ТЭЛ, специализированного академического Института электрохимии. Первым директором-организатором Института стал профессор М.В.Смирнов.

Именно с момента организации в январе 1958 г. в рамках Академии наук специализированного института (ИВТЭ) начался новый этап развития не только Уральской школы высокотемпературной электрохимии, но и высокотемпературной электрохимии в целом.

Научные результаты, полученные в лабораториях Института, в значительной степени определяют современные представления о процессах, протекающих в расплавленных и твердых электролитах и на их границах с металлами и полупроводниками. Среди важнейших достижений следует отметить:

разработана и экспериментально подтверждена автокомплексная модель солевых расплавов, учитывающая энергетическую неравноценность одноименных ионов. Сформулированы основные положения явления комплексообразования в смесях солей, уточнившие понятие «идеальности» применительно к ионным системам, что позволило с единых позиций прогнозировать как термодинамические, так и транспортные свойства расплавов;

развита теория процессов переноса в ионных кристаллах, токообразования на межфазной границе твердого электролита с металлом; предложен алгоритм синтеза твердых ионных и смешанных ионно-электронных высокотемпературных проводников;

установлено и детально изучено свойство расплавленных сред, находящихся в контакте с электронным проводником, приобретать окислительно-восстановительный потенциал, присущий этому проводнику;

при измерениях равновесных электродных потенциалов десятков металлов в расплавах установлено существование соизмеримых долей их ионов различных степеней окисления. Обнаружено, что скорости катодного осаждения и анодного растворения металлов и сплавов в этих средах определяются диффузией, затруднения в актах ионизации и перезаряда в электрохимических реакциях от-

¹ А.С. №4934 и А.С. №7249

сутствуют, а сами процессы идут в условиях, близких к равновесным;

выявлена роль катионов щелочных металлов в процессе коррозии и явлении бестокового переноса металлов и неметаллов. Установлена электрохимическая природа коррозии металлов и сплавов в расплавах солей, ее количественной характеристикой могут служить величины стационарных потенциалов. Сформулированы принципы защиты материалов от коррозии;

разработаны научные основы электрокристаллизации металлов, сплавов и химических соединений из ионных расплавов, найдены условия формирования зародышей, катодных осадков определенной структуры, обнаружено фазовое перенапряжение при электровыделении;

сформулированы и реализованы принципы функционирования ряда электрохимических систем преобразования энергии, получения чистых водорода и кислорода, количественного анализа различных газовых сред.

Впечатляющие перспективы открывают ведущиеся в Институте исследования в области высокотемпературной электрохимической энергетики. Электрохимический способ преобразования энергии имеет ряд решающих преимуществ перед традиционными методами переработки природных топливных ресурсов, используемыми в «большой» энергетике.

На базе полученных экспериментальных результатов в Институте высокотемпературной электрохимии УрО РАН разрабатываются:

топливные элементы с расплавленным карбонатным электролитом (РКТЭ);

твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) с кислород- и протонпроводящими электролитами;

высокотемпературные электролизеры (ВЭ) для разложения воды, которые в сочетании с топливными элементами представляют значительный интерес для решения проблем водородной энергетики;

высокотемпературные твердооксидные конвертеры (ВТОК) для получения водорода путем электрохимической конверсии горючих газов;

резервные (разогревные) химические источники тока (РХИТ) с

высокими удельными значениями энергии и мощности;

высокотемпературные литиевые аккумуляторы (ВЛА);

электрохимические сенсорные устройства (ЭС) для анализа состава газовых сред, позволяющие повысить эффективность сжигания природного топлива в теплоэнергетических и металлургических аппаратах;

высокотемпературные солевые аккумуляторы тепла (САТ).

В настоящее время в рамках Федеральной целевой программы, где индустриальными партнерами являются дочерние структуры ОК Русал, ИВТЭ разрабатывает новую энергосберегающую технологию получения сплавов алюминия с использованием расплавленных солей. Полученные результаты показали, что предлагаемые технологии получения базового сплава Al-Sc с содержанием скандия 0,2 – 0,4 % и лигатурного сплава Al-V, который в Российской Федерации не производили, не имеют аналогов в мире и дают реальную возможность решить проблему импортозамещения по этим продуктам.

Разработан новый, не имеющих аналогов метод создания композитных материалов на основе алюминия содержащих до 5 мас. % углерода, равномерно распределенного в металлической матрице. Методами Рамановской спектроскопии, дифракции обратного рассеяния электронов и рентгеновского рассеяния установлено, в зависимости от условий синтеза, образование микросталлов (от 100 нм до 100 мкм) углерода кубической формы или пленок толщиной 1–3 монослоя внутри металлической капли при атмосферном давлении. Новый алюминий-углеродный композитный материал имеет твердость по Виккерсу в 3,5 раза выше, чем у чистого алюминия, а также более высокие значения модуля Юнга (на ~ 45%) и предела текучести (на ~ 52%) при одновременном увеличении предельного относительного удлинения при растяжении в два раза.

На основании изучения термодинамических свойств и анодных процессов для сплавов Pb-Bi, содержащих от 5 до 95 мол. % Pb, в интервале температур от 723 до 873 К в расплавленной смеси хло-

ридов калия и свинца разработана технология и аппаратура для рафинирования черного свинца, позволяющие повысить степень чистоты получаемого металлического свинца, обеспечить эксплуатационную стабильность процесса рафинирования. Проведены опытно-промышленные испытания конструкции электролизера, которая может быть использована для проектирования электролизеров многотоннажного производства.

По заказу ООО «Газпромтрансгаз Екатеринбург» на базе научных разработок и при научно-техническом сопровождении ИВТЭ УрО РАН в ООО «Завод электрохимических преобразователей» (г. Новоуральск) был изготовлен экспериментальный образец автономной энергоустановки на базе твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) для электропитания станций катодной защиты магистральных газопроводов, который в 2014 году успешно прошел испытания на производственной площадке Газпрома. Подобные ТОТЭ рассматриваются как источники энергоснабжения удаленных объектов, резервных источников тока в таких отраслях, как железнодорожный транспорт, связь, системы управления, в том числе при реализации планов по освоению Арктики и северных территорий, проекта «Сила Сибири».

В 2013 году энергоустановка была продемонстрирована на выставке «День инноваций Министерства обороны РФ» в г. Москве, где была отмечена за заслуги в области развития и внедрения инновационных технологий.

В сотрудничестве с ООО «Электрохимгенерация» был разработан и успешно испытан блок получения синтез-газа и кислорода на основе твердооксидного электролизера планарной конструкции. Блок этот входит в состав комплексной установки по утилизации дымовых газов газоперекачивающих агрегатов и газотурбинных электростанций. Конечные полезные продукты утилизации – метанол и диметиловый эфир. Испытания прошли в декабре 2022 г. на компрессорной станции Шатровская ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург», сейчас идут работы по масштабированию этой технологии. Совместно с другим индустриальным партнером

– АО «АК «Корвет» (Курган) разрабатывается энергоустановка на углеводородном топливе для автономного электроснабжения на газовых месторождениях.

Высокотемпературные электрохимические генераторы на основе топливных элементов с твердыми оксидными и расплавленными карбонатными электролитами сами по себе могут рассматриваться в качестве перспективных электростанций различной мощности и назначения. Особенно выгодно использовать их в удаленных районах России, куда линии электропередачи от крупных электростанций (ГЭС, ТЭЦ, АЭС) прокладывать либо экономически нецелесообразно из-за больших потерь энергии, либо невозможно из-за природных условий. Мировые тенденции энергопотребления свидетельствуют о все возрастающей роли автономных электростанций на базе топливных элементов в энергоснабжении городов, загородных поселков и домов, в качестве самостоятельных и резервных источников электричества, обеспечивающих надежность и бесперебойность работы станций катодной защиты газо- и нефтепроводов от коррозии, городских инфраструктур, банков, информационных центров, больниц, аварийных служб, служб спасения и т.п.

Высокотемпературные электролизеры (ВЭ), в которых внешний электрический ток используется для разложения паров воды электрохимическим способом, в сочетании с топливными элементами представляют значительный интерес для решения проблем водородной энергетики. В них электрический ток потребляется для получения наиболее энергоемкого топлива – чистого водорода. В будущих гибридных энергетических установках, включающих любой из видов существующих или разрабатываемых электростанций, использующих энергию атома, солнца, ветра и др., высокотемпературные электролизеры с твердым оксидным электролитом в сочетании с электрохимическими генераторами на основе топливных элементов являются наиболее перспективными экономичными и безопасными системами обратимого хранения энергии.

На базе фундаментальных исследований разработана технология получения высококачественного литий-борного композита. В Российском Федеральном ядерном центре – ВНИИЭФ при научно-техническом сопровождении ИВТЭ УрО РАН проводятся пулконаладоочные работы по организации полномасштабного производства композитов с содержанием бора до 30 масс. %, являющихся уникальным анодным материалом для мощных тепловых химических источников тока (ХИТ), удельная емкость которых в 1,5–2 раза превышает емкость известных источников.

Достоинствами РЭИТ являются: высокие удельные электрические характеристики (мощность 0,1–100 кВт), время работы 1–60 минут, работоспособность при любой температуре окружающей среды от –50 до +50°C, длительный срок хранения до приведения в действие не менее 15 лет, РЭИТ выдерживают любые виды излучений.

Разработан новый электрохимический метод получения нанокристаллических волокон кремния в хлоридно-фторидных расплавах солей. Себестоимость изготовления нановолокон кремния в 1,5–2 раза ниже по сравнению с известными способами за счет снижения энергоемкости процесса. Нановолокна кремния могут использоваться для изготовления анодов в литиевых химических источниках тока, благодаря чему последние выдерживают многократное рециклирование лития с набуханием и сжатием в 4 раза без разрушения. Емкость литиевых химических источников тока с использованием анодов из нановолокон кремния возрастает в 2–3 раза по сравнению с ныне используемыми литиевыми ХИТами с графитовыми анодами.

Разработана принципиально новая технология получения высокодисперсных (наноразмерных) металлических порошков конденсаторного качества объемным монофазным электрохимическим способом, пригодным для производства практически всех металлов. В отличие от обычного катодного осаждения в новой электрохимической технологии (ЭХТ) кристаллизация идет во всем объеме

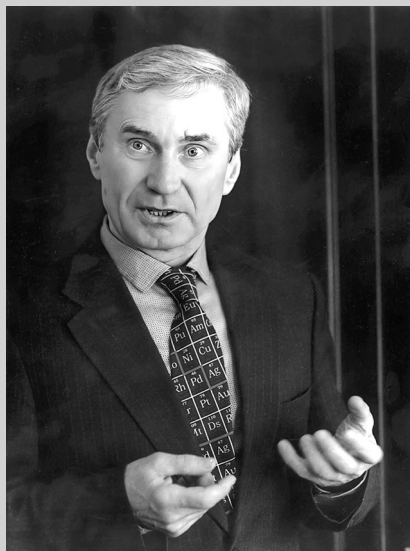
межэлектродного пространства. На лабораторной установке получены килограммовые количества порошков тантала и ниобия с размером частиц в диапазоне ~20–100 нм, чистотой 99,99%.

Большое значение имеют работы, связанные с алюминиевой промышленностью. Замена традиционных углеродсодержащих анодов металлическими или оксидными, на которых будет в основном выделяться кислород, приведет к существенному улучшению условий труда в электролизных цехах, к прекращению выбросов в окружающую среду экологически вредных веществ (угарного газа, фреонов, полициклических углеводородов и др.). Кроме того, согласно проведенным оценкам возможен и экономический выигрыш за счет снижения себестоимости тонны алюминия примерно на 15%.

Получены значимые результаты в разработке технологии пирохимической переработки ОЯТ. Экспериментально отработаны в лабораторных установках с использованием модельных композиций базовые операции технологической схемы – электрохимического восстановления оксидов актиноидов («металлизации») и высокотемпературных окислительно-восстановительных процессов с использованием хлоридов электроположительных металлов («мягкого» хлорирования). Проведены технологические испытания макетов установок «металлизации» и улавливания летучих продуктов деления операции высокотемпературной обработки ОЯТ. Изготовлены и введены в эксплуатацию экспериментальные установки подготовки инертной газовой среды (очистки от H_2 , O_2 , CO , CO_2 и N_2) и боксированной стеновой установки (макета) рафинировочного переплава с использованием токов высокой и низкой частоты для индукционного нагрева и перемешивания. Изготовлены и испытаны ключевые узлы роботизированного внутрикамерного манипулятора и макеты ключевых узлов межмодульной транспортной системы для обеспечения дистанционного обслуживания пирохимического оборудования.



ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ



Павел АРХИПОВ

**Доктор химических наук,
директор ИВТЭ УрО РАН**

Научные направления, задуманные нашими учителями, сохранились до сегодняшнего дня, невзирая на то, что прошло 65 лет, они актуальны, перспективны и востребованы в реальном секторе экономики. По линии Росатома наш институт участвует в программе развития до 2030-го года, а в перспективе до 2050 года. Мы как профильный институт будем сопровождать научные работы. Работы нашему поколению хватит, еще и нашим последователям останется, следующему поколению ученых.

Что касается электролиза, мы охватываем все области, связанные с высокотемпературным электролитическим катодным выделением металлов, например, получение алюминия, очень обширная тематика и большие объемы производства. По одной из Федеральных целевых программ с индустриальным партнером ИТЦ Русал была выполнена работа по разработке комплексной математической модели работы мощных алюминиевых электролизеров. Меняя параметры, заложенные в модель, мы показали возможность снижения напряжения на ванне, а снижение на милливольты при многотоннажном производстве дает очень большой результат в выигрыше себестоимости продукции.

К нам от предприятий поступает много предложений о совместных работах по введению новых и совершенствованию действующих высокотемпературных электрохимических технологий, сейчас мы составляем свои бюджетные планы таким образом, чтобы фундаментальные исследования помогли нам разрабатывать реальные, востребованные производством технологии. Я провожу сравнение: у нас сейчас перспективы такие же, какие были у института в 1958 году. Когда образуется новый институт, ему открываются зеленые линии: во-первых, по кадровой политике, то есть чтобы развить институт, туда направляют самые лучшие научные кадры; во-вторых, по оснащению современной приборной базой, чтобы эти кадры могли эффективно работать; в-третьих, достойное финансирование. В настоящее время научные кадры для института мы выбираем как из студентов профильных специ-

альностей, так и готовых высококвалифицированных специалистов; приборную базу каждый год обновляем и увеличиваем как за счет бюджетных программ, так и за счет своих собственных средств; финансирование мы существенно увеличили за счет программы создания новых молодежных лабораторий – это бюджетная часть, и за счет заключения крупных контрактов – это внебюджетная часть.

За 65 лет систематической работы института в области высокотемпературной электрохимии расплавленных солей и твердых электролитов накоплен огромный теоретический и экспериментальный материал. Это позволит, используя научные, технические и финансовые ресурсы института, участвовать в выполнении крупных проектов в области жидких электролитов: разработка ресурсосберегающих, экологически безопасных электрохимических технологий получения металлов, сплавов и композитов, переработка и регенерация материалов ядерной энергетики, создание физико-химических основ жидко-солевых ядерных реакторов нового поколения; в области твердых электролитов: разработка твердо-оксидных и протонно-керамических топливных элементов и электролизеров с оптимальными характеристиками, углубленные исследования электролитных, мембранных, электродных материалов с кислород-ионной и протонной проводимостью, коммутирующих элементов, электро-катализаторов и герметиков.

Для расширения возможностей и привлечения промышленных партнеров разработана программа создания и развития инженерингового центра «Материалы и устройства водородной и атомной энергетики» как структурного подразделения института. В инженеринговом центре будут оборудованы рабочие места для проведения опытно-конструкторских и опытно-промышленных работ по разработке и изготовлению макетов твердооксидных электролизеров, позволяющих получать чистый водород с наименьшими затратами электроэнергии по сравнению с другими типами электролизеров, и твердооксидных топливных элементов для прямого преобразования химической энергии газообразного топлива в электрическую энергию.



ТРАДИЦИИ И ВОЗМОЖНОСТИ



Юрий ЗАЙКОВ

**Профессор,
доктор химических наук,
научный руководитель
ИВТЭ УрО РАН**

Директор и организатор нашего института – это Михаил Владимирович Смирнов. Это человек, который имел колоссальный научный кругозор, человек, который был не только организатором, но и выдающимся ученым. Он знал несколько языков, английский он знал в совершенстве и имел даже определенный акцент. В свое время он проводил философские семинары, я застал эти времена, то есть не только оказывал научное сопровождение всех работ и формировал планы, но также формировал наше научное мировоззрение. Он возглавлял лабораторию электрохимии расплавленных солей Уральского филиала Академии наук СССР. Одновременно он преподавал на физико-техническом факультете Уральского политехнического института. Такие люди, как он, заложили основу нашего института.

Еще в послевоенные годы была поставлена задача развития электрохимической науки. Почему здесь? Потому что здесь, на Урале, были все условия. В 1923 г. была создана кафедра технологии электрохимических производств, кстати, в этом году она отмечает столетие. Соответственно, была почва, здесь был создан физико-технический факультет в 1949 г. Это было время, когда у нас был запущен первый атомный реактор и, соответственно, под эти задачи необходимо было готовить специалистов-технологов в области атомной энергетики и переработки отработанного ядерного топлива – это было одним из тех направлений, которые решались на этом факультете. Но основное – это разработка технологий обогащения, этой «вертушки» (центрифуги), где разделялись наиболее

радиационно-стойкие среды (для переработки отработанного ядерного топлива). Поэтому здесь создается институт, который готовит технологов по переработке ядерного топлива, ведь ясно, что если есть реактор, будут и отходы. Появляются соответствующие производства – это Маяк (г. Озерск), строится Белоярская атомная электростанция (опытная станция была в Обнинске). И ведь создавалась не атомная энергетика, создавалась атомная бомба. И первый атомный проект, это не энергетика, это прежде всего оружие и защита. Соответственно создавалась вся инфраструктура именно под это.

И вот Михаил Владимирович Смирнов, занимаясь вопросами электрохимии, способствовал созданию института высокотемпературной электрохимии, который был создан в 1958 г. по решению Академии наук СССР, и он стал его первым директором. И что меня поразило в этом постановлении – уже в то время в нем была заложена лаборатория по твердым электролитам, сегодня – это одно из наших направлений по электрохимической энергетике.

Вторым директором был выпускник кафедры технологии электрохимических производств Сергей Васильевич Карпачев, который работал в то время в Свердловске-44.

Среди первых «расплавщиков», которые защищали кандидатские, отмечу Сергея Федоровича Пальгуева. Он стал первым заведующим лабораторией физико-химических свойств твердых электролитов. И если мы посмотрим первые работы наших учителей, моего учителя Ивановского Леонида Евгеньевича, – это рабо-

ты, связанные с электрохимией урана, тория, бериллия, циркония. Это либо конструкционные материалы для атомной энергетики, либо топливо. Большая плеяда ученых, которые работали на физтехе, занимались термодинамикой, кинетикой электродных процессов, связанных с переработкой отработанного ядерного топлива. И многие выпускники физтеха стали сотрудниками института высокотемпературной электрохимии, тогда он назывался просто институтом электрохимии. В частности, тот же самый Леонид Евгеньевич Ивановский, мой учитель, Валентин Ефимович Комаров, руководитель лаборатории радиохимии. Тогда она называлась спецлаборатория № 1, а позже стала лабораторией электролиза расплавов, и спецлаборатория № 2, потом она стала называться лабораторией радиохимии. Леонид Евгеньевич передал свою лабораторию мне, а уже в 2006 г. я возглавил институт. Сейчас ребята помоложе возглавляют эти лаборатории, в частности Вадим Ковров, кандидат химических наук, возглавляет лабораторию радиохимии.

Традиционно у нас сформировались два направления. Это расплавленные соли – основы термодинамики, кинетика электронных процессов, физико-химические свойства всех тел. И второе – твердые электролиты. Первыми кандидатами наук, потом они уже получили степень докторов, стали Валентин Ефимович Комаров, Леонид Евгеньевич Ивановский – все ученики Михаила Владимировича Смирнова. После этого защищаются Николай Григорьевич Илющенко (доктор химических наук) – лаборатория сплавов, Ирина Николаевна Озеряная (кандидат химических наук) – лаборатория коррозии, Сергей Васильевич Карпачев, который возглавил институт, – это лаборатория кинетики. А идейным вдохновителем все равно оставался Михаил Владимирович Смирнов. Это очень активный, энергичный человек, мне кажется, по характеру сангвиник, и когда он выступал, причем настолько все понимая, что доносил до людей именно свои знания, ко-

торые очень легко воспринимались. На сегодняшний день его монография, которая вышла одна из первых, – «Электродные потенциалы в расплавленных хлоридах»¹, используется как букварь, как справочник, потому что там собраны все самые важные материалы.

После Сергея Васильевича Карпачева институт возглавил Алексей Николаевич Барабошкин, заведующий лабораторией электрокристаллизации в расплавах, один из крупнейших специалистов. Его отец Николай Николаевич Барабошкин – профессор кафедры благородных металлов в индустриальном институте, и по его проекту строили завод ОЦМ.

Институт электрохимии развивался динамично. В то время мы перешли от объектов, связанных с исследованием актинидов и редких земель, к вещам, связанным с расплавленными солями, в первую очередь, – это производство алюминия. Электролиз алюминия – это самое большое производство среди цветных металлов, оно существует уже в течение 100 с лишним лет: как разработали этот процесс, таким он остается и сегодня.

Институт занимался созданием экологически чистых электрохимических технологий, и это переросло в очень большое серьезное направление в дальнейшем и охватывает практически весь высокотемпературный электролиз.

По твердому электролитному направлению были исследованы физико-химические основы (термодинамика) создания новых материалов, электродных материалов, исследована кинетика этих процессов. Причем школа кинетики электродных процессов может создать любые высокоэффективные материалы, но не понимая тех процессов, которые протекают на границе электрод-электролит, очень сложно создать высокоэффективные устройства, хотя материалы могут быть самыми лучшими. Почему? Потому что вся электрохимия протекает на границе электрод-электролит в очень

¹ Смирнов М.В. Электродные потенциалы в расплавленных хлоридах. – М., «Наука», 1973, 246 с.

узкой области. Самое интересное, это перенос электрона через эту границу, или он может проходить очень быстро, или, если ему что-то мешает, то процесс замедляется. Если становится понятно, что ему мешает или как ускорить его перенос, то его можно контролировать, – вот от этого все и зависит. Школа кинетики электродных процессов была создана здесь. В 80-х гг. прошлого века первый в Европе киловаттный твердооксидный топливный элемент был сделан здесь, в этом институте. И делали его молодые ребята, которые сегодня уже на пенсии, такие как Борис Леонидович Кузин, Анатолий Константинович Демин, Сергей Иванович Сомов, Александр Сергеевич Липилин. Эту группу возглавлял Михаил Васильевич Перфильев, более старший товарищ, хотя ему было всего сорок с небольшим, а ребятам было по двадцать пять – тридцать лет.

Электрохимическая энергетика развивалась, но и попутно были вопросы, связанные с созданием сенсоров, датчиков на твердых электролитах. Были созданы очень интересные устройства, такие как кислородные насосы, которые позволяли получать высокоактивные, высокочистые инертные газы. Они позволяли чистить от кислорода смеси газа, была тогда создана первая лаборатория электролиза газов, ее возглавил Анатолий Константинович Демин.

От переработки отработанного ядерного топлива перешли к более мирным металлам, таким как алюминий, и получили очень интересное направление – это высокотемпературная гальванотехника, которая делится на гальванопластику и гальваностегию. Гальванопластика – это получение изделий, а гальваностегия – это получение покрытий. Используя высокотемпературную гальванотехнику, можно получить уникальные вещи, которые мы и стали делать и использовать для определенных устройств, в частности, для камеры сгорания в двигателях малой тяги. Это совместная разработка с Калининградским Факелом и МПО Композит в г. Королеве под Москвой.

Потом мы прошли тяжелый путь перестройки, когда доктор наук получал меньше, чем контролер в трамвае. Был такой период, но был большой плюс в отличие от всех других. Нам платили немного, но регулярно. В этот период был создан Российский фонд фундаментальных исследований. Он сыграл очень важную роль в сохранении науки в целом. Потом этот фонд урезали, ограничивали, но он позволял ездить на конференции, заниматься ремонтом экспериментальной базы, закупкой оборудования. Это позволяло «поддерживать штаны». Бюджетных денег не хватало, а договоров было мало.

Когда наш институт возглавлял Владимир Антонович Хохлов, ему удалось, в отличие от многих институтов, сохранить людей и сам институт, хотя были попытки закрыть его, разделить между институтом химии твердого тела и институтом металлургии.

Когда после него я возглавил институт, пришлось заниматься сокращением, сначала ставок, а потом уже конкретных работников... Но удалось пережить и это.

Я считаю, что сегодня институт находится на подъеме. Когда я возглавил институт, в нем работало 283 человека, сейчас – 430–450 человек.

Мы продолжаем то, что было заложено нашими учителями. Мы – единственный в мире институт, который может практически полностью исследовать солевую расплавленную систему, измерить все физико-химические свойства, сегодня нам конкурентов нет.

Как попутное направление мы занимаемся вопросами, связанными с электролизом кальция, алюминия, высокотемпературной гальванопластикой и получением слоистых материалов из тугоплавких металлов. Также решаем вопросы химических источников тока. Кроме этих направлений мы по-прежнему занимаемся вопросами твердых электролитов, это создание новых материалов, это кинетика электродных процессов и, конечно, электрохимических устройств. Это топливные элементы, электролизеры.

Институт работает с Газпромом, с Росатомом, с Центротехом (город Новоуральск) и их дочерней структурой. По заказу Газпрома мы создали полуторакиловаттный топливный элемент на твердых электролитах, который на сегодняшний день отработал порядка 10 тысяч часов, это больше года.

Ну и, считаю немаловажным: раз мы присоединили поликлинику, то еще и развиваем ортопедическое направление по медицине. Это керамика, которая совместима с биологическими тканями, ряд материалов, которые вживляются в организм. Сейчас в поликлинике появилась хорошая молодежь, современное оборудование. Может, это направление и не совсем в тему, но я считаю, что мы расширяемся, и круг наших интересов растет. Выполняя свои основные задачи, развиваем и попутно другие направления.

Наш институт – один из самых динамично развивающихся в Уральском отделении, у нас работает много молодежи, мы постоянно движемся вперед. И в атомной энергетике, где Россия по-прежнему сохраняет лидирующее положение в мире, мы находимся на переднем крае. И в своей области высокотемпературной электрохимии – впереди планеты всей. И твердооксидная электрохимическая энергетика возрождается, где ребята мирового уровня занимаются и работают с протонпроводящими электролитами и перспективой создания устройств на протонпроводящих электролитах.

Дмитрий Медведев – один из тех, кто занимается синтезом. Денис Осинкин, который занимается кинетикой и разработкой электродных материалов. Возглавляет молодежную лабораторию Михаил Ерпалов, он занимается непосредственно электрохимическими устройствами, топливными элементами.

В конце 2022 года Михаил Ерпалов и его ребята совместно с Газпромом и сотрудниками института нефтехимического синтеза (г. Москва) проводили работы по переработке дымовых газов и получения метанола и диэтилово-

го эфира. Полученные результаты опубликованы в рейтинговых журналах, представлены на конференциях, эти работы продолжают и имеют хорошие перспективы.

В нашей области у нас нет границ развития, надо только правильно выстроить стратегию, потому что мы занимаемся материалами и процессами для получения или преобразования химической энергии в электрическую. Мы постоянно связаны с получением электроэнергии, разработкой новых материалов, новых процессов, устройств как в области электрохимической энергетики на твердых электролитах, так и атомной энергетики. Это перспектива.

Посмотрите, как развивается мир. Помните лозунг в Советском Союзе? Что такое коммунизм? Это советская власть плюс электрификация всей страны. Электроэнергии никогда много не бывает. Все разрабатывают устройства и хотят сделать их более экономичными, с меньшим потреблением электроэнергии, но с каждым годом потребности в ней растут, поэтому чем дальше, тем больше будет спрос на электроэнергию. В частности, та же самая атомная энергетика. Институт разрабатывает технологию переработки для реакторов на быстрых нейтронах – это будущее атомной энергетики. Эти реакторы работают в России в городе Заречном на Белоярской атомной электростанции.

Однажды я участвовал в общем собрании Российской академии наук, где делал доклад Илья Иосифович Моисеев, признанный специалист в области энергетики. Он говорил, что на кадрах, сделанных из космоса, видно, что Соединенные Штаты все в огнях, Россия – только европейская часть до Уральских гор, а дальше Транссибирская магистраль, как змейка, а все остальное темное. Это говорит о том, насколько у нас можно реализовать свои возможности. И самое главное, здесь должны быть разумные, правильные идеи, работоспособные энергичные люди и современное научное оборудование.

В

ЛАБОРАТОРИЯ РАСПЛАВЛЕННЫХ СОЛЕЙ

Василий ДОКУТОВИЧ

**Кандидат химических наук,
заведующий лабораторией
расплавленных солей**

Главное в любой лаборатории – это люди. У нас 24 сотрудника, пять докторов химических наук, девять кандидатов, два сотрудника в этом году готовятся защищать кандидатские диссертации. Еще один закончил аспирантуру и будет защищаться в следующем году. Мы постоянно ищем студентов, которые сначала приходят выполнять свои дипломные работы, бакалаврские, магистерские, дипломы специалистов, и, конечно, если нам удастся их заинтересовать, они потом приходят к нам в аспирантуру, – это замечательный исход из возможных. Поскольку у нас был период, когда молодежи просто не было, никто не хотел заниматься наукой, то сейчас возрастной разрыв довольно большой. Я – среднего возраста, молодежь сейчас – около лет тридцати, и самые младшие, те кто только-только в аспирантуру поступили, им тоже уже 26 лет примерно. Есть и те, кому уже под 60, а кому-то и за 70.

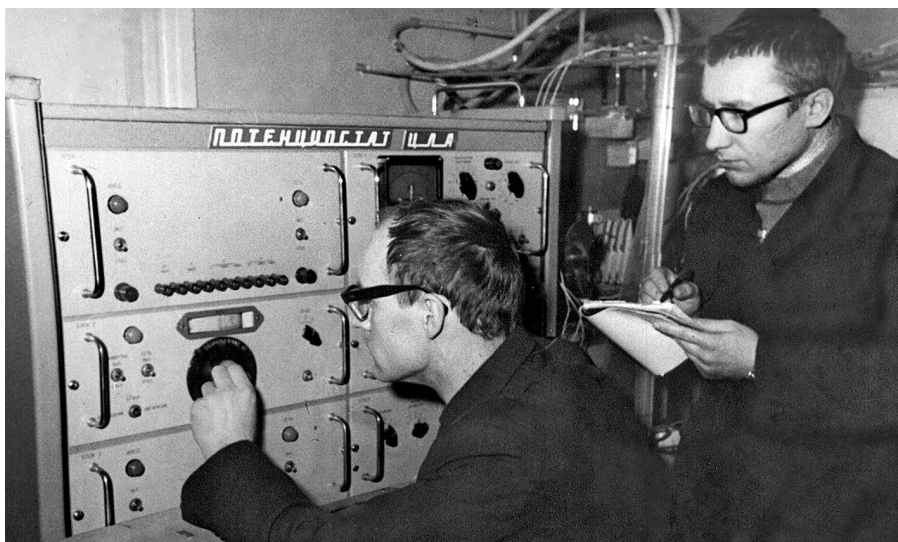
В лаборатории несколько крупных научных направлений. Первое – это измерение физико-химических, электрохимических,

термохимических, оптических свойств солевых, метало-солевых, оксидно-солевых систем. Это – традиционное направление в лаборатории расплавленных солей, оно было с самого начала, с ее основания. Это фундаментальное направление, многие годы мы работаем над теорией расплавленных солей, она еще полностью не сформулирована. На сегодняшний день она хорошо описывает простые ионные жидкости, например, расплавы галогенидов щелочных металлов. И мы, изучая все эти свойства, добавляем новые данные к уже имеющемуся большому массиву. С другой стороны, это выход сразу на прикладные применения, эти свойства являются технологическими параметрами, если расплавленные соли и солевые смеси применяются где-то на производстве, неважно – в реакторе, в электролизере или в какой-то другой системе, эти же свойства являются инженерными параметрами. Они нужны для расчета, допустим, температурных полей, теплообмена. Когда все это просчитали, уже можно просчитать и экономическую составляющую – сколько средств будет тратиться на нагрев этой соли и так далее, и оптимизировать все эти процессы. Возглавляют это направление Ирина Дмитриевна Закирьянова и Владимир Антонович Хохлов.

Второе направление – это изучение расслаивающихся солевых расплавов и жидких систем. Например, берется несколько солей, смесь эту плавим, и в какой-то момент замечаем, что у нас не одна жидкость, а две. Два слоя с четкой границей. Когда мы продолжаем нагревать, у нас эти слои меняются по размерам, и в какой-то момент они объединяются при



Коллектив лаборатории ЛРС.



Молодые «старейшины» лаборатории выпускники УрГУ им. А.М.Горького, будущие доктора химических наук В.А.Хохлов (слева) и В.П.Степанов (справа) осваивают новейший электрохимический прибор (1966 г.).

критической температуре смешивания. Вот это очень интересный эффект. В практическом применении я так сходу не могу сказать, где это можно применять, наверное, для разделения веществ. Но чисто фундаментально это интересно: почему? Что заставляет две соли вдруг взять и разделиться, расслоиться. И этим много занималась лаборатория межфазных явлений под руководством Виктора Петровича Степанова. Эта лаборатория когда-то вышла из лаборатории расплавленных солей, затем мы снова объединились. И сейчас как раз группа Виктора Петровича продолжает заниматься расслаиванием. Он очень много времени уделяет обработке всех полученных экспериментальных результатов, проводит обобщение результатов, строит теоретическую базу объяснений именно этого явления. Та же группа занимается исследованием адсорбционной активности металлических и оксидных материалов в расплавленных электролитах. Это тоже очень важный вопрос. Скорее он больше даже важен для каких-то прикладных вариантов использования, поскольку и металлические, и оксидные материалы могут быть использованы в качестве электродов. В промышленности – это получение различных металлов электролизом. А адсорбционная активность рассматривается как ионы, которые находятся

в расплаве, адсорбируясь на электроде, влияют на электрохимические процессы на его поверхности. Там может происходить вплоть до смены заряда электрода, и, соответственно, тогда у нас электролиз просто не пойдет, или пойдет электролиз не того элемента, который нам нужен. Поэтому именно нахождение зависимости от концентрации, от температуры, от непосредственно состава самого материала, который опускается в расплав – это все очень важно и позволяет при определенном наборе данных уже предсказывать, какие нужны условия или какие материалы подобрать и оптимизировать все эти процессы.

Еще одно направление в нашей лаборатории – материаловедение. Нами были предложены новые методы получения функциональных материалов в солевых и оксидно-солевых расплавах. Это и непосредственно синтез сложно-оксидных соединений в расплавленной соли, это и борирование, алитирование и другие подобные процессы поверхностей нержавеющей сталей, это получение сложных боридов, нитридов, карбидов. Это, с одной стороны, частично и наследие лаборатории сплавов, которая тоже к нам была присоединена в свое время, с другой стороны, – наши уникальные наработки лаборатории расплавленных солей. Сюда же следует добавить и получение методом селективного ионного растворения.

И вот эти вот функциональные материалы, которые мы получаем, могут иметь применение не только в промышленных приложениях, но и в медицине. Например, титановые стержни, которыми соединяют кости: добавляем туда разветвленную поверхность этого титана, и уже идет прорастание в пористую поверхность самой кости и хорошая сцепка, это уже более прочный вариант. Или, допустим, какой-нибудь титанат кальция – сложное оксидное соединение, но оно опять же организмом принимается, не отторгается. На этом тоже прикладные решения можно разрабатывать. Возглавляют данные тематики Владимир Антонович Хохлов, Евгений Сергеевич Филатов и Николай Константинович Ткачев.

В группе Н.К.Ткачева проводятся теоретические исследования структуры и свойств расплавленных солей и их смесей, используя комбинацию методов квантовой химии, молекулярной динамики и классической теории.

Мы сейчас стараемся выбирать объекты исследования, которые кроме фундаментальных интересов дают и практическое применение, прикладное, поскольку очень актуально, чтобы наука работала на производство, развивала промышленность. Сейчас в атомной энергетике очень активно идет разработка жидкосолевых ядерных реакторов. Это тема института и лаборатории, поскольку все свойства расплавленных солевых электролитов, которые могут использоваться как топливные смеси, как теплоносители в жидкосолевых реакторах, – это все может быть измерено у нас в лаборатории или в других лабораториях института.

В то же время институт активно ведет исследования в области медицины. Это направление связано с медицинским материаловедением, созданием новых материалов, которые могут быть применены в медицине. Исследования ведутся совместно с лабораторией медицинского материаловедения. Конечно, мы продолжаем работать над фундаментальными вопросами – развивать теории строения расплавленных солей.

Б



Владимир ХОХЛОВ

**Доктор химических наук,
главный научный сотрудник
лаборатории расплавленных
солей.**

Судьба нашей лаборатории непростая. Был сложный переход на новые экономические рельсы в девяностые годы, когда у государства не было достаточно средств на поддержку науки. Больше всего нам не хватало новых приборов, которые в основном производились на Западе и стоили баснословных денег. И мы создавали собственные приборы. Сами собирали схемы для разных устройств. Например, у нас работал выпускник радиофака УПИ Владимир Иванович Минченко, который превратился в настоящего химика и защитил степень доктора химических наук. Он занимался ультразвуковыми исследованиями солевых расплавов.

В 2014 г. произошло объединение нашей лаборатории с другими, которые до этого были самостоятельными. В частности, лаборатория межфазных явлений, организованная в 1991 г., вошла в нашу лабораторию. Лаборатория радиохимии тоже вошла в состав лаборатории, а затем она снова, как говорится, возродилась. И у нас в это время изменилась и расширилась

ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ КАК МЕТОД

тематика. Если раньше больше внимания обращали на исследования по электрохимической термодинамике и физико-химическим свойствам галогенидных расплавов, то в тот момент появились другие задачи, например, работа с радиоактивными веществами.

Всегда чувствовалось влияние Михаила Владимировича Смирнова, он всегда задавал тон в развитии каких-то идей. Он был сверхэрудированным человеком, просто поразительным. Всегда вспоминают, что он знал иностранные языки и увлекался искусством, у него даже на балконе в доме стоял телескоп. У меня сохранился чемодан с бумагами Михаила Владимировича, в нем лежат первые статьи. И своей жене, Марии Андреевне, он всегда дарил отгиски статей с надписью: «Машеньке...» Меня потрясает такое замечательное отношение, ведь рядом с тобой не только жена, но и коллега, и товарищ.

На сегодняшний день у нас появились другие объекты исследований. Во-первых, мы стали изучать так называемые гетерофазные системы, когда, например, оксиды редкоземельных или других металлов контактируют с любым расплавом. Нужно разобраться, как они взаимодействуют, растворяются, что происходит с этими оксидами. Почему оксиды и редкоземельные металлы? Потому что это продукты ядерных реакций. Произошло некое возвращение к истокам, которые были изначально в лаборатории. Тогда мы работали немного с другими объектами, и использовали в основном не оксиды, а карбиды. А сейчас по программе «Прорыв» мы работаем над проблемой переработки отработанного ядерного топлива. И проект этот больше всего связан именно с теми вопросами, которыми мы здесь фундаментально занимались, например, как можно использовать расплавленные соли для переработки отработанного радиоактивного топлива и разделения его на компоненты.

Еще одни объекты для изучения – это жидкосольевые реакторы, в которых используются радиационно устойчивые расплавы солей. В 1990-х

гг. наш Институт уже занимался этими вопросами, но в рамках различных программ, где главным был, в частности, Курчатовский институт. Проводили работы по экспериментальным электрохимическим исследованиям и расчетам в лаборатории радиохимии. Зато позже, когда Юрий Павлович Зайков удачно влился в эту тематику, стали считаться не только с Курчатовским институтом, но и с нашим Институтом высокотемпературной электрохимии. Это, конечно, в основном заслуга Юрия Павловича. Именно по проблемам, связанным с производством ядерной энергии с помощью жидкосольевых топлив, теплоносителей и средств для переработки, проводится работа во многих лабораториях Института.

В перспективе – две большие мощные задачи: солевые расплавы во многом связаны с разработками в области ядерной энергетики, с переработкой отходов и получением уникальных продуктов электролиза. Сейчас разработки в области гальванопластики уже достигли уровня практического применения, получаются интересные результаты. Данные работы – это продолжение работ, которые начинались в лаборатории, Алексея Николаевича Барабошкина. Важной темой является также нанесение защитных антикоррозионных покрытий.

Вторая громадная задача – твердые оксидные электролиты. Исследования проходят в области водородной энергетики и заключаются в создании автономных источников тока с твердыми электролитами. Для этого решаются вопросы получения новых электродных, оксидных материалов, их старения, все проблемы использования более доступных и дешевых, чем драгоценные металлы, материалов.

В Институте по инициативе Юрия Павловича Зайкова создаются молодые лаборатории, в которых трудятся молодые активные руководители. Структура Института изменилась, и я думаю, что это полезно. Я занимаюсь преподаванием, читаю спецкурс, мне нравятся молодые ребята.



ЛАБОРАТОРИЯ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА



Людмила ЕЛШИНА

**Доктор химических наук,
заведующая лабораторией
химических источников тока.**

Лаборатория химических источников тока выделилась из лаборатории коррозии сначала как лаборатория топливных элементов, а потом, в восьмидесятом году, она стала лабораторией химических источников тока. Первым заведующим стал Геннадий Константинович Степанов – доктор наук, профессор, фронтовик, коммунист до последнего дыхания. Он начал очень интересное научное направление – расплав-карбонатный топливный элемент, когда электроэнергию можно, просто говоря, получать практически из воздуха. За прошедшие 60 лет мы намного дальше продвинулись. Мы можем создавать устройства, очень важные с точки зрения борьбы за экологию, которые позволяют извлекать углекислый газ, перерабатывать и удалять из воздуха. Учитывая то, какой сейчас у нас парниковый эффект, глобальное потепление, то эта разработка рано или поздно найдет свое применение.

Развивались и другие направления. В 1986 г. заведующим лабораторией стал кандидат химических наук Николай Николаевич Баталов, он был такой «ходячей энциклопедией» и обладал великолепной памятью. Когда я пришла заведовать лабораторией, подхожу к нему и говорю: «Николай Николаевич, а давайте мы сделаем вот такой источник тока». Он мне отвечает: «Людочка, это делали в 1988 году такие-то, у них получилось то-то». У него была энциклопедическая эрудиция в вопросах источников тока, и в этой лаборатории более десяти человек защитились под руководством Николая Николаевича Баталова.

До этого я занималась расплавленными солями, а в лаборатории

есть все направления: и расплавленные соли, и твердые электролиты, и я сама еще добавила тематику ионной жидкости. Это огромный круг вопросов.

Почему возникала такая необходимость? Дело в том, что в Советском Союзе существовал Государственный комитет по науке и технике. На самом деле он выполнял очень важную задачу. Какую? Определялись самые интересные, самые нужные для страны научные направления, которые могли бы дать затем практический результат. А источники тока – это ведь вопрос стратегической глобальной безопасности страны, сейчас мы все понимаем, что у нас в любом телефоне, в любом ноутбуке есть батарейка. Но ведь дело в том, что батареи в большом смысле, это же ведь не только мобильная техника. Это танки, самолеты, подводные лодки, бронетранспортеры. Советский Союз очень эффективно решал вопросы безопасности страны. Поэтому в лаборатории было защищено в закрытом режиме несколько диссертаций, они и делались именно для того, чтобы в перспективе на их основе можно было создавать вот такие необыкновенные источники тока, у которых были очень специфические характеристики.

А помимо этого выяснилось, что есть твердые электролиты, которые проводят по ионам лития. И у нас сейчас в лаборатории есть амбициозная задача, которую мы перед собой поставили. Ведь если не ставите амбициозных задач, то никогда их не решить и не привлечь научную молодежь. Пытаемся создать полностью твердофазный источник тока. Для чего? Литий-ионный аккумулятор может гореть, есть фундаменталь-

ная проблема, что они не выносят очень больших скоростей зарядки и разрядки. А вот если нам бы удалось создать полностью твердофазный литий-ионный аккумулятор, то это бы полностью решило проблему. То есть, это был бы самый безопасный источник тока. И мы в лаборатории на протяжении последних лет семи планомерно пытаемся решить эту проблему. Мы нашли очень хорошие, высоко проводящие электролиты, катодные материалы, анодные материалы. Но пока мы не можем решить проблему межфазной границы, потому что у любой жидкости возникает двойной электрический слой, заряды переносятся через эту границу в жидкости, а тут твердая фаза, там возникает огромная «яма» потенциала, попробуй перепрыгнуть. Мы всеми возможными способами пытаемся эту проблему сейчас решить.

Самое сложное с источниками тока – это то, что есть понимание, как оно должно быть, но совершенно не факт, что оно так будет работать. У первых литий-ионных аккумуляторов были проблемы: они хорошо работали, а потом вдруг выходили из строя. Почему? Потому что литий металл такой, или недостаточно хорошая работа графитового анода. Возникали такие иголки дендриты лития, они замыкали два полюса анод и катод, проходило короткое замыкание, и как результат – батарейка не работает.

Для создания источника тока необходимо время, хотя бы 8 лет. Необходимо найти хороший катодный материал, соответствующий электролит. Между ними обязательно нужен сепаратор-разделитель, чтобы ни в коем случае анод и катод не соприкасались, к сепаратору тоже есть огромное количество требований. Их гармоничная работа позволяет достичь результата.

В настоящее время у нас просто разрывается телефон – дайте нам новый источник. Только я говорю, что источник за год не создается. Вот, казалось бы, если посмотреть таблицу Менделеева, литий и натрий – абсолютные аналоги. Один под другим, литий сверху, натрий

снизу, оба щелочные металлы. Есть такая идея, что в земной коре недостаточно лития, особенно если делать электромобили, то его запасы в ближайшие 8 лет закончатся. Он относится к редким и еще рассеянным металлам. Это означает, что нет нигде такого месторождения, в котором 100% литий лежит, поскольку он невероятно реакционноспособный, он всегда в виде каких-то рассолов. Целая проблема его вытащить в виде компонентов. А натрия полно, все понимают, что хлорида натрия очень много. Конечно, натрий-ионный аккумулятор будет работать похуже, чем литий-ионный.

Есть еще одно очень интересное научное направление, которое развивает моя группа. Мы создаем алюминий-графеновые композиты. Обычно композит – это что-то такое пористое. Наши алюминий-графеновые композиты блестящие, красивые. Мы их можем прокатывать в тончайшую фольгу, делать проволоку, толщиной 0,2 мкм. Во-первых, это совершенно замечательный конструкционный материал с уникальным комплексом свойств – одновременным увеличением прочности, твердости и эластичности. Помимо этого, введенный в металл графен улучшает теплопроводность, электропроводность. Мы решили на этом сыграть и стали разрабатывать алюминий-ионные аккумуляторы. Звучит похоже на литий-ионный аккумулятор. Мы используем в качестве анода алюминий-графеновый композит, из простых компонентов научились синтезировать графен на подложках – катод. Оказалось, что, к сожалению, там не все так просто. Электролит тяжелый, дорогой, и, в общем, сейчас мы прилагаем огромные усилия для того, чтобы все-таки попытаться найти электролит, который бы позволил использовать все эти преимущества. При этом он циклируется 10 тысяч раз, в отличие от литий-ионных, ни один из которых больше 700 раз не циклируется. Превосходно работает при минус 30 градусах Цельсия, но удельных характеристик, как у литий-ионных, мы достичь не можем. Но продолжаем работать, это

очень интересное научное направление. У нас в стране им никто не занимается. Это не очень хорошо, так как в мире им занимаются. И я опасаясь, что можно опять попасть в позицию догоняющих, как сейчас мы попали в эту позицию по литий-ионным аккумуляторам.

Еще одна группа в лаборатории занимается разогретыми источниками тока. Руководитель группы – кандидат химических наук Валерий Владимирович Захаров. Это самые мощные батарейки на настоящее время вообще, которые могут существовать, потому что они могут выдавать токи 20 ампер, и ни одно другое устройство такого выдать не может. Оно может храниться 20 лет в замороженном состоянии. Потом вы его включаете, за полминуты оно разогревается и готово к работе. Мы пробовали разные применения этих источников тока, к сожалению, пока для всех они слишком дорогие. Но тем не менее, мы тоже не прекращаем этого развития, потому что уже найдены абсолютно новые решения. Совместно с лабораторией сплавов научились делать литий-борный композит, который используется в этих устройствах, в нем новые катодные материалы на основе хлоридов и фторидов переходных металлов и многое другое.

Невзирая на то, что институту 65 лет и лаборатории тоже, – это молодой институт и молодая лаборатория. У нас очень много молодежи, и хорошая связка поколений. Молодые сотрудники вовлекаются в общий научный процесс, разрабатывают новые тематики. Конечно, это институт с будущим.

В

Александр ДЕДЮХИН

Кандидат химических наук,
заведующий лабораторией
коррозии, заместителя
директора по научной работе.

О СОВРЕМЕННОЙ ЛАБОРАТОРИИ КОРРОЗИИ

В начале 2019 г. в рамках реализации нацпроекта «Наука и Университеты» институт создал несколько новых лабораторий. По условиям Минобрнауки их основу должны были составить молодые ученые. И руководством института тогда было принято решение, выделить несколько тематик, которые могли быть перспективными для развития новых направлений или поддержки существующих научных школ, которые в институте уже сформировались.

Одним из трех успешно созданных подразделений стала лаборатория пирохимических процессов и электрохимических технологий. В нее вошли как часть сотрудников института, так и вновь принятая молодежь. В основном это были студенты и выпускники Уральского федерального университета: физико-технологического и химико-технологического институтов. Научным направлением лаборатории стало исследование коррозионных процессов с участием металлических и керамических материалов в газовых и расплавленных солевых средах. Стратегической целью коллектива до настоящего момента является вос-

становление и развитие научной школы высокотемпературной коррозии, сформированной в институте в 70-х годах прошлого века Ириной Николаевной Озеряной.

Мы занимаемся поиском и исследованием новых материалов, которые будут стойкие в процессах и технологиях с использованием расплавов. Сегодня большая часть усилий сотрудников направлена на изучение явлений, происходящих с материалами в галогенидах металлов. Необходимо отметить, что десятки лет лаборатория коррозии также посвящала себя работе с карбонатами в интересах создания топливных элементов на их основе. Исследуемый нами процесс может проходить при температуре от 300 до 1000° С. Основная цель – выявление механизмов деградации новых материалов, поиск оптимальных условий их применения в высокотемпературных электрохимических процессах.

Все, как говорится, окисляется в нашем мире... Одно горит, то есть быстро окисляется, другое – медленно взаимодействуя с кислородом воздуха, например, покрывается ржавчи-

ной. Это процесс достаточно медленный, и он не так заметен в моменте для глаза, а фактически материалы со временем разрушаются. Вот так же и при высоких температурах при одних условиях происходит быстрая деградация материалов, а при других условиях это взаимодействие может быть чем-то заторможено или намеренно затруднено для того, чтобы тот или иной материал или устройство служили гораздо дольше. Наша лаборатория владеет комплексом коррозионных методик и приемов, которые уже сформировались за годы существования научной школы по исследованию расплавов в институте, с помощью которых можно, с одной стороны, спрогнозировать долговечность работы материала в заданных технологических условиях и, с другой стороны, судить о фундаментальных механизмах процесса коррозии, который происходит с материалом в конкретной среде.

На примерах постараюсь продемонстрировать, чем мы в настоящее время занимаемся. Существует следующее поколение атомных реакторов – жидкосольевые реакторы. Реакторы, которые в своей конструкции не имеют отдельных тепловыделяющих элементов, и где топливо и среда, снимающая тепло – это расплавленные соли. Концепции этих реакторов были созданы еще в прошлом веке, и часть даже экспериментальных реакторов в Соединенных Штатах реализовывалась. Но вновь этот виток исторической спирали проходит и в нулевых годах, и Соединенные Штаты, и Китай, и сейчас Российская Федерация занимается развитием проектов по жидкосольевым реакторам. Поскольку рабочие температуры таких установок составляют несколько сотен градусов, в среднем от 500 до 700 С, каждая из таких ядерных установок должна иметь соответствующие материалы, которые будут стойкими в применяемых расплавленных солевых средах. В зависимости от того, какой теплоноситель, то есть соль, используется, существенно меняется поведение материалов. Для того чтобы оценить возможность создания такого реактора и



Обсуждение результатов эксперимента. Слева-направо А.Е.Дедюхин, А.М.Потапов, М.В.Мазанников.

гарантировать, что он будет функционировать необходимое число десятков лет, мы исследуем коррозионные процессы.

Существует несколько методов: относительно простой метод гравиметрии – это когда образец погружают в необходимую исследуемую среду и через определенное время вынимают и анализируют, что с ним произошло. Существуют также разнообразные электрохимические методы, позволяющие судить о механизмах коррозионных процессов. Изотермическая выдержка в расплаве может составлять 24 часа, 100 часов, 1000 часов или даже несколько тысяч часов, а электрохимические эксперименты являются более экспрессными методами. Исследуемые материалы нами тщательно аттестуются до и после экспериментов с помощью электронной микроскопии, атомной силовой микроскопии, проводится элементный анализ проб расплавов. На основании полученных данных делаются выводы о том, какой материал будет более стойкий, чтобы в дальнейшем конструктор того или иного агрегата смог его обоснованно применить. С другой стороны, известно, что величина окислительно-восстановительного потенциала среды, в том числе расплавленной, является величиной, по которой можно судить о ее коррозионных свойствах. И измерение этой величины в расплавленных средах – это отдельная фундаментальная и техническая задача.

Мы занимаемся разработкой новых электродов сравнения для галогенидных и фторидных расплавов, что чрезвычайно важно для новых технологий мониторинга коррозионных процессов.

Группа под руководством д.т.н. Алексея Михайловича Потапова занимается термодинамическим моделированием процессов, происходящих с материалами в расплавах и газовых средах. Сейчас эта группа большую часть своих усилий уделяют новым способам переработки отработанного ядерного топлива (ОЯТ), в том числе высокотемпературная обработка ОЯТ. На основе термодинамических расчетов и проводимых экспериментов мы стараемся сделать вывод о том, какие процессы будут происходить, и спрогнозировать продукты реакций. Работая с модельными смесями и имитаторами в нашей лаборатории, на предприятиях ГК Росатом, сотрудники экспериментируют уже с реальными объектами для исследований новых процессов для ядерных установок.

Одним из основных подходов для предотвращения коррозии материалов является нанесение покрытий.

Тот или иной материал может быть покрыт металлом, оксидом, или другим соединением для того, чтобы его деградация была затруднена. Группа сотрудников во главе с к.х.н. Никитиной Евгенией Валерьевной исследует способы формирования коррозионно-стойких покрытий и их поведение в зависимости от химического состава расплава и примесей в солевой среде. Евгения Валерьевна совместно с молодыми учеными изучает вопросы влияния концентрации кислорода на формирование покрытий на металлических материалах в галогенидах. Показано, что при различных содержаниях кислорода в газовой – в инертной среде, например, аргоне, формируются покрытия разного состава и структуры. Одни будут стойкими в расплавах и будут препятствовать деградации материала, а сформированные при других условиях будут легко разрушаться.

Важным научным направлением, которое за последние три года получило развитие, которое, я верю, не могло сложиться в какой-либо другой академической организации – это создание новых керамических материалов с кислородной проводимостью для датчиков, используемых в расплавленных солях. Поскольку два основополагающих в институте направления – твердые электролиты и расплавленные соли успешно сосуществуют, именно благодаря этому только здесь могло родиться и развиваться новое синергетическое направление. Наши сотрудники совместно с д.х.н. Ириной Евгениевной Анимидцей синтезировали на основе цирконата гадолиния, которая является, с одной стороны, стойкой в расплавленных солях, с другой стороны, – проводником по ионам кислорода и позволяет служить основой сенсоров для использования в расплавленных солях. Это тоже перспективное направление, которое мы стараемся развивать.

Существует группа профессиональных химиков-аналитиков, позволяющая нам оперативно делать элементный анализ разнообразных проб. Коллеги успешно решают порой нетривиальные задачи по химическому вскрытию многокомпонентных образцов и определению валентных форм металлов.

В настоящий момент лаборатория достаточно хорошо укомплектована оборудованием. Мы имеем возможности осуществлять коррозионные эксперименты как в ячейках с контролируемой газовой атмосферой в вытяжных шкафах, так и в больших перчаточных герметичных боксах с высокочистой атмосферой аргона. Это позволяет осуществлять экспери-

менты в больших объемах, что удобно для манипуляций с образцами, сложными электрохимическими ячейками и для наблюдения за происходящими процессами. Лаборатория обладает несколькими комплексами пробоподготовки, позволяющими провести при необходимости предварительную обработку материалов и подготовить шлифы, которые потом передают для проведения микроскопии, чтобы полностью оценить объект как в исходном состоянии, так и после коррозионных экспериментов, которые мы с ним провели.

Говоря о будущем, ничего глобального в части состава земной атмосферы не поменяется, кислород не пропадет, – все так же будет корродировать, и поскольку наука тоже не стоит на месте, и новые материалы уже с помощью новых подходов физических и химических создаются, исследование коррозионных процессов с участием этих материалов, несомненно, останется актуальной задачей. Несмотря на то, что сейчас частично исследования уже переходят в цифровую область, что-то можно смоделировать и «посчитать», но все равно эксперименты будут необходимы, и вопросы взаимодействия новых конструкционных материалов с различными средами останутся. А с учетом того, что институт является в России самой большой научной школой по расплавленным солям, то и наши потенциальные заказчики могут быть в нас уверены, что задачи эти мы будем решать на самом современном уровне.

К слову сказать, лаборатория недавно прошла независимую оценку состояния измерений, что подтверждает уровень и достоверность проводимых исследований. Если говорить о направлениях развития, то несомненно одним из перспективных направлений являются материалы, связанные с жидкосольевыми реакторами и пироэлектрохимической переработкой ОЯТ, поиск способов мониторинга и контроля коррозионных процессов в технологических агрегатах. Будут исследоваться возможности нанесения защитных покрытий, разрабатываться устройства измерения окислительно-восстановительного потенциала среды. С другой стороны, мы стараемся в настоящий момент выйти на новый уровень техники, что даст возможность более глубоко взглянуть на механизмы процессов. Подрастают аспиранты, защищаются диссертации по коррозионной тематике, в основе которых лежат интереснейшие фундаментальные и прикладные задачи.



К ВОПРОСУ О ПРОТОННЫХ ЭЛЕКТРОЛИТАХ



Дмитрий МЕДВЕДЕВ

**Доктор химических наук,
заведующий лабораторией
электрохимических устройств
на твердооксидных протонных
электролитах.**

Наша лаборатория, изначально созданная в 1990 г. под руководством кандидата химических наук Анатолия Константиновича Дёмина, называлась лабораторией электролиза газов. Это научное направление нацелено на разработку основ теоретических и прикладных путей для создания электрохимических устройств на основе твердооксидных материалов. Это, например, электролизеры для получения водорода, сенсоры кислорода, кислородные насосы, топливные элементы, которые могут производить электроэнергию, «питаясь» водородом, угарным газом, синтез-газом и другими продуктами конверсии углеводородного сырья. Все это относится к программам водородной энергетики и уменьшения углеродной нагрузки, которые активно развиваются многими лидирующими странами мира.

Ученые нашего института, Михаил Васильевич Перфильев и Анатолий Константинович Демин, Борис Леонидович Кузин и Александр Сергеевич Липилин в свое время разработали предпосылки для создания подобных устройств и написали монографию «Высокотемпературный электролиз газов»¹, которая является настольной книгой ученых и в настоящее время.

Свое современное название – Лаборатория электрохимических устройств на твердооксидных протонных электролитах – получила в 2014 г., когда выиграла мегагрант. В рамках этого направления сейчас сконцентрирована деятельность лаборатории.

¹ Перфильев М.В., Демин А.К., Кузин Б.Л., Липилин А.С. Высокотемпературный электролиз газов. – М.: Наука, 1988. 232 с.

Мегагранты – это такие проекты, которые нацелены на повышение авторитета Российской науки на международной арене, что реализуется путем выполнения проектов под руководством ведущих зарубежных ученых. В рамках вот этого проекта мы привлекли профессора Панайотиса Циакараса из университета Фессалии (Греция), который является признанным экспертом в области катализа и ионики твердого тела.

Сейчас наши основные интересы заключаются в разработке так называемых протонных электролитов и их применении в электрохимических устройствах. Интерес к протонным электролитам как раньше, так и в настоящее время очень высок. Сложные оксиды с выраженным протонным переносом впервые открыли японцы в начале 1980 г., но, начиная с 1984 г., наши ученые активно исследуют эти объекты.

Особенность протонных электролитов состоит в том, что они являются оксидными системами. Оксид – это сложное соединение на основе кислорода, в которых водород изначально отсутствует. Но при контакте некоторых оксидов с водородсодержащими газами при повышенных температурах возможно формирование так называемых протонных дефектов, которые ответственны за протонный перенос в этих сложнооксидных системах.

Водород – первый элемент в таблице Менделеева и имеет самый меньший радиус атома и ионный радиус, если мы говорим про ионную форму. Соответственно, если он имеет самую маленькую массу, самый маленький размер, то и его перенос будет самым быстрым. Так получилось, что не-



Сборка твердооксидной топливной ячейки в руках аспиранта Артема Тарутина.



Автономный источник тока мощностью 1,5 кВт (АИТ-ТОТЭ-1500), в создании которого принимали активное участие сотрудники лаборатории электрохимических устройств на твердооксидных протонных электролитах.

которые оксиды действительно могут взаимодействовать с водородсодержащими компонентами, формировать протонные дефекты, и перенос через эти протонные дефекты намного выше, чем, например, классический ионный перенос в оксидных системах.

Вот на этом принципе повышенной подвижности протонных дефектов работают протонные электролиты. Мы занимаемся как раз такими материалами и устройствами на их основе. Например, классические твердооксидные топливные элементы или электролизеры, как правило, работают при повышенных температурах, при которых кислородионный транспорт становится значимым.

Использование протонных электролитов в электрохимических устройствах в силу отмеченных особенностей позволяет снизить рабочие температуры устройств на 200–300°C.

Наш институт – первый, который создал топливный элемент киловаттного класса в Европе. Это произошло в конце 1980-х – начале 1990 гг. Понятно, что после перестройки все сильно измени-

лось, однако в начале 2010-х гг. мы начали опять заниматься не только фундаментальной наукой, но и проводить практико-ориентированные исследования. В этом плане в 2010–2011 гг. сотрудниками нашей лаборатории по заказу Газпространгаз-Екатеринбург были проведены испытания топливного элемента с мощностью номинальной 100 Ватт.

Это были предварительные, демонстрационные испытания для того, чтобы показать компетенции сотрудников института и лаборатории. После этого в 2014–2016 гг. был разработан 1,5 киловаттный топливный элемент для выполнения задач по катодной защите газопровода.

Также хочу отметить, что в 2004–2016 гг. проблемами разработки электролизеров и топливных элементов активно занимались в рамках государственной программы по развитию водородной энергетики (РАН и Норникель). Это были высокие финансовые вложения, и здесь крылись большие перспективы. Однако Норникель со временем свернул финансирование, и ожидаемые

результаты не были достигнуты. Все это мы делали с точки зрения практического применения. Этот опыт передается от старшего поколения к младшему. Тем более, что в нашем подразделении доля молодых сотрудников составляет почти 70%, поэтому этот вопрос считаю очень важным. Сейчас в лаборатории работают 6 аспирантов. Привлекая молодых ученых, мы начинаем их обучать под наши задачи, наращивать компетенции. Таким образом, молодежь получает опыт от старшего поколения.

Перспективы у нашей лаборатории, как и у научного направления, хорошие. Протонными электролитами занимается большое количество ученых многих стран, это подтверждает актуальность нашего направления.

В

СВОЙ ПУТЬ



Анатолий ДЁМИН

**Кандидат химических наук,
ведущий научный сотрудник
лаборатории
электрохимических устройств
на твердооксидных протонных
электролитах.**

В науку я пришел довольно поздно. Мне был 31 год, когда я поступил в институт электрохимии Уральского научного центра Академии наук СССР, в лабораторию кинетики, которую возглавлял член-корреспондент С.В.Карпачев, бывший в то время директором института.

Было это в 1975 г. До этого была работа в школе и служба в армии. А еще раньше – физфак Уральского государственного университета, который я окончил в 1970 г. по профессии «Теоретическая физика». Электрохимия была для меня «terra incognita». Литературы по твердым оксидным электролитам было очень мало, кинетика электродных процессов в системах на твердых электролитах только еще зарождалась как направление. Войти в курс исследований по электрохимической кинетике мне помог Борис Леонидович Кузин, у которого я научился многим экспериментальным методам, в частности, способам приготовления электродной массы, формирования электродов, проведения измерений характеристик электрохимических ячеек.

Самой многочисленной в лаборатории кинетики была группа Михаила Васильевича Перфильева. Здесь проводили работы по поиску и исследованию электродов, обладающих высокой активностью как в окислительной,

так и в восстановительной атмосфере. М.В.Перфильев, сам высококлассный экспериментатор, задавал направления работ сотрудникам лаборатории. Уже в середине 1970-х гг. были найдены способы значительного повышения активности металлических электродов путем введения в их пористую структуру оксидов с переменной валентностью: оксида церия – в восстановительной атмосфере и оксида празеодима – в окислительной. Процедура введения оксидов путем пропитки электродов раствором соответствующих солей, названная тогда «активацией», много позже была «открыта» на западе, где она получила название «инфильтрация». Все работы по этому направлению были под грифом «Секретно», как и работы по практическому применению систем на основе твердых оксидных электролитов: электролизеров и топливных элементов. М.В.Перфильев «прикрепил» меня к Б.Л.Кузину, который в то время изучал особенности поведения никелевых электродов в атмосфере $H_2 + H_2O$.

Руководителем моей кандидатской диссертации был М.В.Перфильев, который задавал общее направление исследований и практически не вмешивался в повседневную работу. Большая часть исследований была проведена под непосредственным руководством Б.Л.Кузина, у которого я

многому научился, и с которым нас впоследствии связала настоящая дружба.

Кандидатская диссертация, которую я защитил в 1984 г., была посвящена исследованию процессов, протекающих при электролизе водяных паров в ячейках на электролите на основе диоксида циркония с активированными платиновыми электродами. Она была под грифом «Секретно» и точного ее названия я не помню. Экспериментальные результаты, изложенные в диссертации, были ранее опубликованы в закрытых печатных изданиях. Отдельные результаты были позже опубликованы в открытой печати. Одна из глав диссертации была посвящена теоретическим аспектам высокотемпературного электролиза, а именно, особенностям массо- и электропереноса в твердооксидных электролизерах. Ничего секретного в ней не было, и многие ее результаты были впоследствии использованы в монографии «Высокотемпературный электролиз газов»¹, вышедшей в 1988 г.

К основным научным достижениям можно отнести разработки:

- математической модели электрохимического генератора (ЭХГ) на базе водородно-воздушного твердооксидного топливного элемента (ТОТЭ) на кислородионном электролите с циркуляцией водорода. Показано, что в ЭХГ может быть достигнут КПД до 90%;

- схемы комбинированной энергоустановки на метане, включающей электрохимический конвертер и водородно-воздушный ТОТЭ на кислородионном электролите с циркуляцией водорода. Анализ

показал возможность достижения КПД энергоустановки более 90%;

- математической модели кислородного насоса для глубокой очистки газов от кислорода с учетом электронной проводимости электролита и зависимости поляризуемости электродов от парциального давления кислорода, позволяющей оптимизировать конструктивные и рабочие параметры кислородного насоса;

- математической модели ТОТЭ с неразделенными электродными пространствами (ТОТЭ НЭП). Показано, что коэффициент использования топлива в одноступенчатом проточном ТОТЭ НЭП не превышает 25%; в многоступенчатом ТОТЭ НЭП и в устройстве с циркулирующей катодной смеси коэффициент использования топлива может превышать 50%. В модельных ячейках ТОТЭ НЭП достигнута удельная мощность около 20 мВт/см² при 650 °С;

- математической модели ТОТЭ на соионных электролитах. Показано, что при прочих равных условиях КПД ТОТЭ тем выше, чем больше число переноса протонов в электролите. КПД в метано-воздушном ТОТЭ на протонном электролите в среднем на 15% выше, чем в ТОТЭ на кислород-ионном электролите;

- теоретических основ электрохимической конверсии как способа получения чистого водорода. Показано, что выход водорода при электрохимической конверсии метана достигает 2,4 объема на один объем метана по сравнению с 1,6 при каталитической конверсии;

- теоретических основ использования этанола в качестве топлива ТОТЭ. Найдены оптимальные соотношения этанол/конвертирующий реагент

при использовании в ТОТЭ кислородионного и протонного электролитов.

По результатам исследований опубликовано около 90 статей в международных журналах, более 50 статей в отечественных журналах, в том числе 10 статей в закрытых сборниках, четыре главы в международных монографиях и две главы в отечественной монографии. Соавтор более 40 патентов и авторских свидетельств; награжден нагрудным знаком «Изобретатель СССР». Присвоено почетное звание «Почетный работник науки и техники Российской Федерации».

Хотел бы пожелать молодым начинающим ученым иметь возможность опираться на знания и опыт старших коллег, знакомиться с накопленными знаниями и опытом в научной литературе, чтобы не повторять ошибки и неудачи предшествующих исследований; не гнаться за числом публикаций и больше внимания уделять достоверности получаемых результатов.

3

¹ Высокотемпературный электролиз газов / М.В.Перфильев, А.К.Демин, Б.Л.Кузин, А.С.Липилин. – М.: «Наука», 1988, 232 с.



Николай ШУРОВ

**Кандидат химических наук,
старший научный сотрудник
лаборатории расплавленных
солей, ветеран ИВТЭ УрО РАН**

Я окончил десятилетнюю школу в 1959 году, в конце мая были последние экзамены, а уже 16 июня случайно оказался на работе в Институте. Муж моей сестры работал здесь в полужаводском корпусе Института металлургии, и он спросил: «Ты знаешь, в электрохимию вроде нужен лаборант, пойдешь? Только работа с драгметаллами». Оказывается, нужен был хозяйственник, то есть хозлаборант. А мне только 18 лет исполнился. Пришел я, а принимал меня на работу и проводил собеседование лично Михаил Владимирович Смирнов, и это было удивительно: такой крупный ученый, а принимал лаборанта на работу. Он спрашивал, чем я занимаюсь, что меня интересует, какой аттестат у меня, а у меня в школьном аттестате было только две четверки, остальные пятерки. Меня приняли на работу. Алексей Николаевич Барабошкин тогда был ученым секретарем, а Михаил Владимирович был директором Института. И я пришел в лабораторию

ПОВОРОТЫ СУДЬБЫ

Ивановского Леонида Евгеньевича, а первым завлабом был Илющенко Николай Григорьевич. Пришел я летом, когда никого не было на работе кроме лаборанта Якова Борисовича Чернова и меня, а Чернов был на год меня старше, и он меня обучил всему, что должен уметь лаборант: и печи ремонтировать, и установки монтировать и все остальное. Слава Богу, руки у меня были на месте, и я со всем этим справлялся. А потом пришел из отпуска Николай Григорьевич, потому что он по конкурсу был избран заведующим этой лаборатории, мы познакомились и начали вместе работать. Николай Григорьевич был строгий, ему в 1959 г. был 41 год. Он работал в Верх-Нейвинске (Свердловск-44) по атомному проекту, и там тоже был заведующим лаборатории с 38 лет. Поэтому опыт у него был шикарный, он закончил химический факультет, а я тоже окончил УрГУ, но вечерний факультет: то есть днем я работал в Институте, а вечером учился в университете в течение 6 лет. Здесь в Институте делал и курсовую работу, и дипломную, и, конечно, кандидатскую диссертацию. Поэтому в достаточной мере это было случайностью то, как я попал в Институт, я и думать не думал заниматься химией: она меня не очень интересовала, больше – физика и математика.

Учителем моим был, конечно, Николай Григорьевич Илющенко. А основным наставником был Александр Иванович Анфиногенов, у которого я работал лаборантом, тогда он писал кандидатскую диссертацию, и после его защиты я продолжал еще очень долго работать с ним. Также наставником могу отметить Чернова Якова Борисовича, который обучил меня азам лаборантской работы.

Работу над кандидатской диссертацией я выполнял здесь же, по месту работы. Диссертация была, можно сказать, теоретическая и посвященная совершенствованию метода ЭДС

для термодинамики сплавов, одному из методов исследования сплавов. В 1975 году я защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата химических наук по теме: «Метод эдс для определения термодинамических свойств сплавов, компоненты которых близко отстоят друг от друга в электрохимическом ряду напряжений», научным руководителем был Н.Г.Илющенко, защита проходила в Институте электрохимии. В 1969 г. я защитил дипломную работу на химическом факультете УрГУ также по этой тематике. Первая статья на основании этой дипломной работы была в соавторстве с Н.Г.Илющенко, и уже тогда он имел в виду эту работу как основание для моей диссертации. Он повез меня в МГУ докладывать на семинаре на кафедре химической термодинамики, а заведовал той кафедрой Яков Иванович Герасимов, профессор и член-корреспондент Академии наук СССР, автор двухтомного курса физической химии, в общем, классик. Я, конечно, был очень напряжен и даже боялся, мол такие люди пришли, доктора наук. И, разумеется, они начали довольно агрессивно указывать мне на некоторые недостатки, а Яков Иванович, светлая ему память, сказал: «Так, коллеги, давайте спокойнее. Молодой человек с Урала привез такую замечательную работу, что дай Бог каждому в таком возрасте». И я ему очень благодарен, он меня внимательно слушал и сказал, что это очень хорошая работа. Кстати, автореферат моей диссертационной работы цитируется в книгах, по крайней мере, я сам в четырех монографиях по химической термодинамике видел ссылки, и мне это приятно.

Защитить диссертацию было достаточно просто, я уже хорошо владел материалом, и защита прошла хорошо. Несомненно, писать и подготавливать диссертацию сложнее, чем защищать ее. Дело в том, что, когда ты пишешь диссертацию, ты

приводишь все в систему: из обрывков создается нечто целое. И уже до защиты в процессе написания ты постепенно становишься кандидатом или доктором. А к тому времени, когда нужно это подтвердить, у тебя в голове сформирована система. Само подтверждение степени требует все же меньше усилий и нервов, хотя совсем без нервов не обходится. Кстати, Василий Николаевич Чеботин, руководитель тогдашней теоретической лаборатории, сообщил уже несколько позже защиты, что когда было совещание по окончании моего выступления, кто-то сказал из Совета по защитам, по-моему, Пальгугев Сергей Федорович, что раньше, между прочим, за такие диссертации давали степень доктора.

После защиты я отошел от тематики диссертации, мне показалось это более неинтересным. А вот задача изучения взаимодействия металлов в солевых расплавах, явлений переноса, покрытий, получающихся в это время – это стало для меня более привлекательно. Все основные работы в этом направлении проводились в лаборатории сплавов. Но летом в 2000-м г. мы с женой поехали в Америку, тогда я уволился из лаборатории сплавов, заведующим которой был Чебыкин Виталий Васильевич. Так как в Калифорнии у меня живет дочь с семьей, я хотел найти там работу. Пробовал устроиться и в Стэнфордский университет, и в Беркли, но мне говорили, что моя специальность высокотемпературной электрохимии ближе к электрометаллургии и что мне нужно ехать на север, в штат Орегон, там для меня найдется работа. И поскольку я не нашел работу рядом с дочерью, через 8 месяцев мы с женой вернулись в Россию. Вскоре я перешел в лабораторию электродных процессов под руководством Зайкова Юрия Павловича. Дело в том, что ранее с 1959 года я работал в этой лаборатории еще при Ивановском. А перед моим отъездом в США Леонид Евгеньевич вызвал меня с Юрием Павловичем к себе и сказал, что есть идея написать книгу по электрохимии кальция. Тогда у меня уже вышла из печати первая книга «Взаимодействие металлов в ионных расплавах». Леонид Евгеньевич поручил мне написание части о физической химии солевых расплавов и сплавов, а они с Юрием Павловичем писали бы об электродных процессах и, что главное, о внедрении технологий на заводах. Я согласил-

ся, начал работу над книгой, а потом уехал. И, удивительный случай, там вижу я сон, что я хожу по Институту, открываю двери и спрашиваю: «Леонид Евгеньевич не у вас?» – «Нет», – отвечают мне, иду дальше – нигде нет. А потом жене позвонила подруга по Институту, и сказала, что Леонид Евгеньевич умер. То есть это вещей сон был, в котором я ходил и искал его, а в реальности его уже не стало. Позже, когда я вернулся, Юрий Павлович предложил заканчивать книгу, и так я продолжил ее писать. Но когда речь пошла об электродных процессах, а опыта в электролизе у меня было мало, и Юрий Павлович был занят директорством Института, мы подключили молодого Андрея Викторовича Суздальцева, и он помог нам завершить эту книгу, посвященную Леониду Евгеньевичу, тремя соавторами которой мы являемся.

Таким образом, научными достижениями я могу считать три свои монографии и одно учебное пособие, которое на три четверти написано мной, а соавторы – Кушхов Хасби Билялович и Виндижева Мадзера Кадировна, и это учебное пособие «Функциональные покрытия из расплавленных солей» издано Кабардино-Балкарским университетом.

Когда я работал лаборантом у Леонида Евгеньевича, у меня родился сын, денег не хватало, и в 1964 г. по согласованию я перешел в Пышминский опытный завод Гиредмет. Но работал я там недолго, так как начал отстаивать от учебы, поэтому мне пришлось вернуться в ИВТЭ. И с помощью Михаила Владимировича из УПИ я перешел в Университет им. Горького, потому что его жена Мария Андреевна Панюкова работала преподавателем на химфаке в УрГУ. Я взял выписку о том, какие экзамены я сдал в УПИ, и меня перевели. И так в 1969 г. я окончил университет.

Мне приходилось встречаться с очень интересными людьми, учеными, у кого-то слушал лекции, с кем-то доводилось беседовать. Самое сильное впечатление произвел Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский, радиобиолог и генетик по прозвищу Зубр. Несколько раз в жизни я встречался с академиком Юрием Дмитриевичем Третьяковым из МГУ, автором трехтомного учебника по неорганической химии. Я его уже давно знал, с того первого заседания на кафедре химической термодинамики МГУ, где я докладывал работу, он тогда молодой доктор был, недавно защитившим

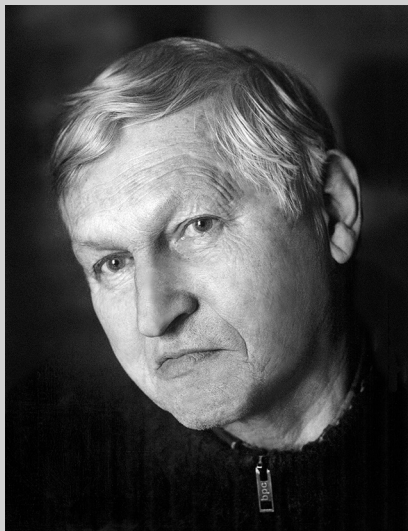
диссертацию. И потом мы с ним встречались, он приезжал в Институт с проверкой лаборатории, зайдя ко мне, он поздоровался, и мы с ним полчаса сидели, разговаривая и вспоминая общих знакомых.

У меня осталось много знакомых по бывшему Советскому Союзу, из Украины, Казахстана, Азербайджана. Есть хорошие знакомые из Кольского научного центра в Апатитах, где я трижды был на конференциях. Также из Института общей и неорганической химии (ИОНХ) в Киеве, где работало много коллег со схожими тематиками.

Я был очень дружен с коллегами с кафедры физической химии Ленинградского политехнического института, заведующим которой был профессор Андрей Георгиевич Морачевский, считающийся теоретиком-классиком в области физической химии и металлургии. Эта кафедра была ведущей оппонирующей организацией по моей кандидатской диссертации. Я ездил несколько раз на семинары к нему, мы были дружны, обменивались значками. Свои я делал сам, используя уральские камни, такие как малахит, агат, дарил ему, а он дарил мне ленинградские значки. Также я сам изготавливал ювелирные изделия из серебра с малахитовыми камнями: кольца, кулоны, серьги. Однажды коллеги из Прибайкалья мне привезли чароит уникального темно-сиреневого цвета.

К сожалению, международные патенты, которые мы получили на композиционный материал из сплава палладий-индий золотого цвета, остались никем не востребованы. Мы с Б.П.Старцевым пробовали внедрить эту разработку на заводе по обработке цветных металлов в форме ювелирных изделий, а на Челябинском часовом заводе пытались организовать выпуск партий часов в «золотых» палладиевых корпусах, но это не нашло применения. В то время палладий был дешевле золота в 4 раза и мог рассматриваться как его замена. Но в настоящее время палладий сравнивался по цене с золотом и платиной, и вся идея замены золота похоронена. Остался в науке лишь феномен, когда два белых металла – палладий и индий – образуют сплав эквиатомного состава золотого цвета.





Георгий ШЕХТМАН

**Доктор химических наук,
ведущий научный сотрудник
лаборатории химических
источников тока.**

Химию я полюбил с детских лет. Мой брат был на шесть лет старше меня, и когда он начал в школе изучать химию, показал мне несколько нехитрых опытов. Это произвело на меня впечатление чуда, которое по отношению к химии у меня сохранилось до сих пор. Лет с двенадцати увлечение химическими опытами приняло более серьезный характер, тем более, что в параллельном классе у меня появился единомышленник, такой же энтузиаст, как и я. Мы читали популярную литературу по химии, обменивались информацией, помогали оборудовать школьный кабинет химии, проводили вечера для родителей, где демонстрировали химические опыты, предпочитая, конечно, эффектные, с изменением цвета и т.д.

В старших классах добыли старенький выпрямитель и провели первые электрохимические опыты, возможно, с этим в какой-то степени связан выбор будущей профессии. Учебник химии на следующий год, как правило, прочитывался еще летом. Таким образом, проблем с выбором профессии не было, вопрос

«ЛЮБИТЬ НАУКУ В СЕБЕ»

был только один: куда поступать, в УПИ или в Университет. В те времена престиж технических ВУЗов был значительно выше, чем теперь. Кроме того, в 9–10 классах желающих пригласили посещать Школу юных политехников, где лекции читали студенты 2–3 курса физтеха УПИ. Это и определило выбор: заявления мы подали на химико-технологический факультет УПИ, специальность – технология электрохимических производств.

В институте с учителями нам повезло. До сих пор с улыбкой вспоминаю лекции по общей химии И.И.Калиниченко, пересыпанные юмором и воспоминаниями из его армейской жизни. Физическую химию читал старейший физико-химик Урала С.Г.Мокрушин. Кафедру ТЭХП в то время возглавлял профессор А.И.Левин, кстати, в этом году нашей кафедре исполняется 100 лет! Самые теплые воспоминания у меня остались обо всех сотрудниках, которые заложили в нас основы электрохимической науки и являются нашими непосредственными учителями. Это В.М.Рудой, В.Ф.Лазарев, И.Б.Мурашова, И.Е.Гуревич, Н.Л.Котовская, руководитель моей дипломной работы Н.А.Карнаев.

В ИВТЭ УрО РАН (в то время Институт электрохимии УНЦ АН СССР) я попал в значительной степени случайно. Тогда определенная часть мужчин-выпускников подлежала призыву на два года в ряды Советской армии, в эту часть попал и я. Нам ставили «автоматы» по всем зачетам, в распределении мы не участвовали. И вот, буквально за неделю до защиты дипломной работы, вышел приказ о том, что в этом году призыв отменяется.

Таким образом, после защиты, поскольку распределение прошло мимо нас, надо было срочно искать место работы. Один из сотрудников кафедры ТЭХП подсказал, что

в Институте электрохимии требуются сотрудники, но предупредил, что это будет в определенной степени переквалификация, поскольку на химфаке УПИ нам преподавали «водную» электрохимию, а Институт электрохимии специализировался на высокотемпературных процессах. Это меня не испугало и, таким образом, 9 сентября 1974 г. я был принят старшим лаборантом в лабораторию топливных элементов Института электрохимии. При этом был приятно удивлен, узнав, что мой друг, с которым мы делили увлечение химией в школьные и институтские годы, волею судеб оказался в том же институте в лаборатории радиоактивных элементов. Это был Валерий Константинович Афоничкин, который работал в нашем институте почти сорок лет, до 2014 г., и которого, увы, уже четыре года с нами нет.

Начало моей работы в ИВТЭ совпало с началом так называемого «твердоэлектролитного бума». До начала 1970 гг. круг твердых электролитов с проводимостью по катионам щелочных металлов был очень узок и практически ограничивался фазами со структурами типа β -глинозема, однако поиск новых суперионных проводников представлял большой интерес как с теоретической, так и с практической точек зрения. И вот в начале семидесятых была обнаружена высокая литий-катионная проводимость ортосиликата лития, а несколько позже вышли статьи Хонга, посвященные синтезу двух суперионных проводников, лисикона и насикона.

Эти публикации дали мощный толчок работам, связанным с синтезом и исследованием твердых электролитов с проводимостью по катионам щелочных металлов. Были начаты такие работы и в нашем институте, это направление возглавил Е.И.Бурмакин, мой непосредственный руководитель. В 1976 г. я посту-

пил в заочную аспирантуру, темой работы стали синтез и исследование физико-химических свойств твердых электролитов с натрий- и калий-катионной проводимостью на основе соединений MeAO_2 ($\text{Me} = \text{Na}, \text{K}; \text{A} = \text{Al}, \text{Fe}, \text{Ga}$). Диссертация была написана в 1981 г., защита состоялась 1 декабря 1981 г. Сложность состояла в том, что специальность была «физическая химия», а наш совет по защитам в то время принимать к защите диссертации по этой специальности не мог, и мне пришлось защищаться в Институте химии в совете, председателем которого был академик Г.П.Швейкин. Специфика института, конечно, сказалась на вопросах, которые задавали на защите. Если в диссертационной работе основное внимание уделялось ионной проводимости, то многие из заданных вопросов касались фазовых диаграмм, которые для сотрудников Института химии представляли больший интерес и которые в работе не исследовались. Но в целом защита прошла успешно. Насколько я знаю, это была первая в институте работа, целиком посвященная твердым электролитам с проводимостью по катионам щелочных металлов.

В 1980-е и 1990-е гг. интенсивное исследование твердых электролитов с проводимостью по щелочным катионам во всем мире и в нашем институте продолжалось. Однако основное внимание уделялось твердым электролитам с литий- и натрий-катионной проводимостью. Твердым ионным проводникам с проводимостью по катионам калия посвящено значительно меньшее число работ, а твердые электролиты с проводимостью по крупным щелочным катионам, рубидию и цезию, практически не исследовались. Первые наши шаги в этой области дали интересные и несколько неожиданные результаты, это дало основание предпринять широкое исследование по синтезу и изучению твердых электролитов с проводимостью по катионам калия, рубидия и цезия.

Кроме того, к этому времени была надежно установлена определяющая роль тонких деталей кристаллической структуры на транспортные свойства твердых электролитов, поэтому возникла необходимость в серьезных структурных исследованиях. Большую помощь в этом нам оказал установившийся контакт с сотруднича-

ми Института физики металлов. Так, благодаря сотруднику ИФМ В.И.Воронину, методом высокотемпературной нейтронографии были исследованы кристаллические структуры ряда литийпроводящих фаз со структурами, производными от $\gamma\text{-Li}_3\text{PO}_4$, а также твердые электролиты со структурами типа антифлюорита и β -крист19обалита, имеющие высокую проводимость по катионам калия, рубидия и цезия. Поскольку наиболее перспективными с точки зрения ионного транспорта являются фазы, имеющие структуры каркасного типа, в наших исследованиях именно им было отдано предпочтение. В соответствии с этим, темой моей докторской диссертации стала «Катионная проводимость твердых электролитов с каркасными структурами».

Основное научное достижение группы катионных твердых электролитов, в которую я входил, заключается в синтезе большого числа новых твердых электролитов с проводимостью по катионам щелочных металлов, имеющих электропроводность на уровне лучших мировых образцов. Лично мне ближе всего калий, рубидий и цезийпроводящие электролиты, которые получены нами впервые и ионная проводимость которых превышает электропроводность твердых электролитов с проводимостью по соответствующему катиону, известных к настоящему времени.

За время работы курьезных случаев хватало. Помнится, одна молодая сотрудница очень любила цветы. Это само по себе не плохо, но она поставила горшок с цветком на осциллограф, регулярно поливала его (цветок), очевидно, забыв, что в днище горшка имеется отверстие, и была очень удивлена, когда при включении осциллографа из него пошел дым.

Другая сотрудница при сборке схемы включила амперметр не последовательно, как полагается, а параллельно, как вольтметр. Естественно, при увеличении сопротивления нагрузки «ток» начинал расти, а на вопрос заведующего лабораторией: «Так у вас получается, что, чем больше на телегу грузишь, тем лошадь быстрее бежит?», ответила: «Но это же экспериментальный факт!»

Ну, и последний случай: один сотрудник в пятницу работал в сухом боксе, где в качестве осушителя

стояла чашка с хлоридом кальция. Желая на выходные увеличить эффективность осушки, он в эту же чашку сверху насыпал пентаоксид фосфора. В результате через неплотности в бокс проник влажный воздух, влага прореагировала с P_2O_5 , а образовавшаяся фосфорная кислота вытеснила из хлорида кальция хлористый водород, и все металлические предметы серьезно пострадали, а хозяин, явившись в понедельник на работу, не сразу узнал свое рабочее место.

Но не подумайте, пожалуйста, что такие вещи случались часто. Это все, что я смог вспомнить за несколько десятилетий работы и, кроме того, как известно, не ошибается только тот, кто ничего не делает.

Перспективы развития высокотемпературной электрохимии в целом оценивать не берусь. Что касается катионпроводящих твердых электролитов, то в последние десятилетия резко выросло количество публикаций, связанных с их применением в различных электрохимических устройствах, главным образом в химических источниках тока. В частности, одной из основных задач электрохимической энергетики является разработка полностью твердофазных аккумуляторов, где использование твердых электролитов является неременным условием. К настоящему времени в исследовании неорганических твердых электролитов достигнут значительный прогресс, и уже не низкая величина ионной проводимости сдерживает развитие данной области, как было раньше, а такие факторы, как химическая стабильность в контакте с электродными материалами и, главным образом, высокое контактное сопротивление на границах: твердый электрод–твердый электролит. Для снижения последнего все большее внимание уделяется органическим, стеклокерамическим, композитным твердым электролитам. Таким образом, дальнейшие исследования щелочнокатионных твердых электролитов будут тесно связаны с требованиями, возникающими при разработке конкретных электрохимических устройств, в которых их предполагается использовать.

В качестве напутствия молодым сотрудникам могу только сказать, перефразируя Станиславского: «Любите науку в себе, а не себя в науке».





Валерий ЗАХАРОВ

Кандидат химических наук,
старший научный сотрудник
лаборатории химических
источников тока.

Желание заниматься исследованиями появилось у меня благодаря школьной преподавательнице, заслуженной учительнице РФ Татьяне Ивановне Рыбаковой, назначенной в наш 5 «б» класс школы № 38 г. Свердловска классным руководителем. Она преподавала химию и пригласила меня в химкружок, хотя до начала изучения химии было еще три года. Было очень интересно. Моим достижением тогда было участие в районной выставке работ школьников в 7-м классе, где я представил действующий макет лабораторной установки по получению серной кислоты. После школы я, не поступив сразу в УПИ, работал лаборантом в лаборатории «цветных металлов» Унипромеди, которая базировалась в здании института металлургии УФАН СССР на С.Ковалевской, 20. В ней у меня были два великолепных наставника: старший лаборант-хозяйственник Иван Павлович Золотухин, научивший делать все необходимое из подручного материала и не надеяться на снабжение, и старший научный сотрудник, кандидат технических наук В.Ф.Вершинин, показавший своим примером, что научный сотрудник

СЛУЧАЙ

должен делать все своими руками и головой.

Через год, когда поступил учиться в УПИ, на первом курсе пришел в студенческое научное общество. Там был первый наставник Георгий Владимирович Инюшкин с кафедры «Процессов и аппаратов химических производств». Он меня включил соавтором в статью и отчет по хоздоговору. А затем и в СНО, и на своей кафедре «Электрохимических производств» я занимался одновременно двумя далекими друг от друга тематиками. Я считаю, что моим достижением в это время было использование исследований по электрохимической размерной обработке (ЭХРО) алюминиевых сплавов на заводе по изготовлению двигателей в г. Миассе, Челябинской обл. и участие в организации участка ЭХРО по обработке нержавеющей сталей на Уралмаше в конце работы над дипломом.

После института – работа в Иркутском филиале ВАМИ в только организованной лаборатории «Материалов для анодов алюминиевых электролизеров», которую возглавлял кандидат технических наук Эдуард Афанасьевич Янко (в 1979 г. он защитил докторскую диссертацию).

С 1976 г. в нашем Институте я поступил в очную аспирантуру к Леониду Евгеньевичу Ивановскому в лабораторию «Электролиза расплавов». Мои наставники – старший научный сотрудник, кандидат химических наук Валентин Николаевич Некрасов и вся старшая когорта докторов наук, начиная с М.В.Смирнова и А.Н.Барабоскина и – весь коллектив Института.

Самое интересное в моей диссертации «Исследование растворов азота в расплавах галогенидов щелочных металлов» – новая методика измерения коэффициентов диффузии инертных газов в расплавах солей. Основные достижения – исследование и разработка нового поколения батарей элементов ТХИТ.

Мне вспомнился случай, когда находчивость молодых сотрудников лаборатории привела к «открытию» новой методики исследований анодных процессов при электролизе галогенидных расплавов, которые проводи-

лись в лаборатории Л.Е.Ивановского. Это было где-то в конце семидесятых годов. Дело было так, один из сотрудников принес на работу неисправный цветной телевизор. Отремонтировал его и пока не унес домой, его смотрели во время рабочего дня (как раз шел какой-то чемпионат).

В это время в комнате, где стоял телевизор, ставили опыты по определению «анодного эффекта» на графитовом аноде при выделении галогенов при электролизе галогенидного расплава. Ранее анодный эффект был известен только при электролитическом получении алюминия. Суть методики, которую использовали в лаборатории, заключалась в том, что через микроскоп наблюдали за моментом образования «анодного эффекта» на графитовом аноде при постепенном повышении плотности тока, пропускаемого через электролизер. Анод в этом случае начинал искрить за счет электрического пробоя образующейся газовой пленки на поверхности.

В один из дней в комнате, где собралось достаточно много сотрудников, которые смотрели футбольный матч, проводился эксперимент, и в самые интересные игровые моменты в электролизере достигался «анодный эффект», который приводил к сбою видео сигнала на телевизоре. Все дружно возмущались и требовали прекратить мешать просмотру матча.

В этот момент в комнату вошел Леонид Евгеньевич и спросил: «Что вы тут делаете?» Самым сообразительным оказался Ю.Зайков. Он ответил: «Мы тестируем новую методику определения начала образования «анодного эффекта». Он пригласил Леонида Евгеньевича к установке и начал показывать, что в момент образования эффекта визуальное наблюдение и появление помех на экране телевизора идеально совпадают. В это время остальные сотрудники потихоньку разбежались по рабочим местам. Леонид Евгеньевич сказал: «Интересно» и пошел дальше по лаборатории. Через неделю Леонид Евгеньевич на ученом совете упомянул, что придумана новая методика для исследований. А в лаборатории не запретил наличие телевизора.





Сергей ШКЕРИН

**Доктор химических наук,
главный научный сотрудник
лаборатории кинетики.**

Учиться надо весело, чтоб хорошо учиться

Родился и до окончания школы учился я в небольшом городке на севере Свердловской области. В нем было много разных, в меру крупных, предприятий. Одно из них и было шефом нашей школы. Шефы имели «шкурный интерес» – готовили себе рабочие кадры: станки в мастерских у нас были вполне себе заводские, хоть и старые; ездить нас учили на Газ-51, такая полуторка с необходимостью перегазовки при переключении передач, – добротна, два года учили; ну и комплектация кабинетов физики и химии была «не как у всех». Это я понял несколько позднее.

Как-то к нам поставили молодую, только что окончившую универ, преподавательницу химии. У нее глаза разбегались от возможностей, которых, как оказалась, в универе она не имела. Она как на факультативе, так и на уроках показывала кучу всяких красивых опытов. Закончилось это после того, как на уроке был показан хрестоматийный пример ката-

Я ОЧЕНЬ СЧАСТЛИВЫЙ ЧЕЛОВЕК

литической реакции между жидким бромом и алюминием. Решеток на окнах в школах тогда не было, кабинет химии на первом этаже, весна – при эвакуации через окна никто не пострадал. В общем, было много интересного, но у меня до сих пор два глаза и все пальцы на месте. Ну и химиком быть я точно не собирался...

Более меня прельщала геологическая партия, которая тоже занималась подготовкой кадров. В результате чего, я, с одной стороны, съездил в геологическую экспедицию после девятого класса. А с другой стороны, после победы на некоей городской олимпиаде, попал на областную. Аметист и друза дымчатого горного хрусталя, которую дали там за какое-то место у меня хранится до сих пор.

И вот тут надо поговорить про олимпиады, было тогда такое поветрие разбирать нетривиальные задачи. Городские олимпиады по математике, физике и химии я выигрывал. На областные ездил только по математике и физике, по химии не ездил ни разу. Во-первых, была девочка из соседней школы, которая занимала второе место с минимальным отрывом, а во-вторых, областную олимпиаду по химии всегда проводили в мой день рождения.

Это привело к тому, что «где открываются двери на химический факультет универа», я узнал только перед защитой кандидатской диссертации. Последствием этой олимпиадной деятельности было то, что мне было все равно куда поступать, несмотря на одну четверку в аттестате. Так я оказался у Конева, на «радиационной физике твердого тела». Еще одним последствием тех олимпиад была маленькая железка – «знак ЦК ВЛКСМ за отличную учебу» – память о несуществующей организации ушедшей страны.

МНЕ ВЕЗЕТ НА ЛЮДЕЙ, КОТОРЫХ Я ВСТРЕЧАЮ

Это правда – мне очень везет на людей, которых я встречаю. У меня

настоящие друзья, замечательная семья.

В списке людей, что читали мне лекции, такие имена, как Шамгунов Назим Казимович, Вонсовский Сергей Васильевич, Талуц Герман Германович, Чеботин Василий Николаевич, Конев Виталий Николаевич...

Еще более впечатляющий список людей, оказавших на меня огромное влияние просто в общении: Перфильев Михаил Васильевич, Чебыкин Виталий Васильевич, Хайменов Александр Петрович, Молчанов Анатолий Михайлович, Липилин Александр Сергеевич...

С позиций нынешнего жизненного опыта мне представляется, что наиболее эффективное обучение идет в «плавильном котле научной школы». Мне повезло, я попал в два.

Один из них – научный семинар, выращенный Карпачевым Сергеем Васильевичем. До уровня этого лабораторного семинара не дотягивают большинство современных международных конференций. Это была одна из жемчужин Института. М.В.Перфильев, сменивший Карпачева, всячески пытался сохранить этот семинар. А его сменщик, как оказалось, физиологически не переносил инакомыслия. И это тоже урок...

Еще одна научная школа, для меня она исторически была первой, – «Коневская кафедра». 4 мая 2023 года исполнилось сто лет со дня рождения Конева Виталия Николаевича, возглавившего кафедру физики твердого тела после отъезда Архарова Владимира Ивановича, работавшего в университете во время эвакуации. Данная кафедра была сильной школой структурных методов (Бланкова Е.Б., Серикова В.П., Турхан Ю.Э.), местом, где проводились пионерные работы по ионной проводимости. Титов А.Н., Якшибаев Р.А., Дунюшкина Л.А. и другие сегодня продолжают дело, начатое В.Н.Коневым.

Именно на Коневской кафедре у меня есть и «наставник». С конца первого курса во время учебы в

университете я начал заниматься научной работой. В те времена еще не было термина НИРС. И все эти четыре года я работал под чутким руководством Александра Львовича Надольского. Это трудно объяснить, что такое «четыре года лаборантом у Надольского», поверьте – это дорогого стоит...

БЕЗ БУМАЖКИ ТЫ БУКАШКА

К диссертациям я отношусь как к квалификационной работе. Во времена Советского Союза это была большая ценность, так как открывала возможность работы за пределами страны. Отечественный диплом кандидата наук полностью конвертируем с их PhD.

Наступление капитализма в России уронило значимость сих документов. Мы возвращаемся к тому, про что говорили наши мудрые учителя: к термину «просто». «Просто Перфильев» и «просто Kleitz» были в начале восьмидесятых лидерами двух – всего двух в МИРЕ – научных школ по электрохимическим устройствам с твердыми анионными электролитами. В качестве иллюстрации: американцы в 1984 г. переиздают русскую книжку 1978 г. издания, чтобы учить свои кадры. Перед этим это издательство переиздавало из русских только Ландау-Лившица.

Кандидатскую диссертацию я защитил как-то быстро, сразу по окончании аспирантуры. Изюминками работы было использование монокристаллов твердых электролитов, что позволило проследить эффект влияния ориентации границ; использование прозрачности монокристаллов для создания модельных электродов с контролируемой длиной трехфазной области и больших характерным размером контакта металл-электролит. Они назывались «плотными» в литературе в противопоставление с «пористыми», где доминируют каталитические свойства металла. Получение спектров импеданса в точках стационарной поляризационной кривой и создание подходов к их обработке и интерпретации.

Как часто бывает, в ходе работы был получен некий неожиданный результат про поликристаллический слой на поверхности монокристалла. Через некоторое время это привело к формированию понятия «приповерхностный слой твердых электролитов» или «слой Шкери-на», развивающего представления

Чеботина-Соловьевой о строении поверхности ионных кристаллов. Именно этот слой был основой докторской диссертации.

ФИЗИКА НЕ ДОГМА, А РУКОВОДСТВО К ДЕЙСТВИЮ

По-видимому, отсутствие проблем с электродинамикой и теорией функции комплексной переменной привело к тому, что М.В.Перфильев поставил меня осваивать новое оборудование, и я на долгие годы стал «рабом и богом одного метода» – метода импедансной спектроскопии (ИС). К 1990 г. было сформулировано некое дифуравнение, понимание которого появилось несколько позже: проявление свободного и связанного зарядов. Как следствие было введено понятие зарядовой нелинейности, что является ключевым аспектом электродной импедансной спектроскопии. Кроме того, корректное, но не традиционное применение ИС позволило решить ряд задач, из которых мне самому наиболее нравятся: 1) выделение ионной проводимости на фоне большой электронной, 2) открытие частотной зависимости для проводимости жидких электролитов по механизму, отличному от Дебая-Фалькенгагена.

Добротная подготовка по структурным методам, которую давала коневская кафедра, привела к тому, что наличие поликристаллического слоя на поверхности монокристалла YSZ не осталось незамеченным. Ионная проводимость в твердом теле обусловлена дефектами. Эти дефекты взаимодействуют. Есть такая шутка, что мы занимаемся «дефектной электрохимией». Взаимодействие дефектов порождает целый ряд явлений, куда входят композиционный эффект и приповерхностный слой твердых электролитов.

Некоторое время назад в группе Дунюшкиной Л.А. возникла проблема выделить положение допирующего катиона иттрия в цирконате стронция. Наиболее доступным методом для решения данной задачи является метод комбинационного (рамановского) рассеяния света. Оказалось, что в России не осталось в живых людей, готовых решать такие задачи. Пришлось взять учебники и разобраться. Опыт, полученный на перовскитах, был применен к твердым электролитам со структурой флюорита. Оказалось, что спектры, полученные на рамановском спектрометре, содержат не толь-

ко стоксовские линии, но и линии фотолуминесценции, порожденные собственными дефектами материала. Разделить их не сложно, так как стоксовские линии не зависят от длины волны используемого возбуждения. Однако ранее это сделано не было, что привело к тому, что исследование локальной структуры этих электролитов запоздало на несколько десятков лет. Именно знание локальной структуры данных материалов является необходимым для понимания их проводимости и ее долговременной стабильности.

УЧИТЬСЯ, УЧИТЬСЯ И УЧИТЬСЯ!

Я помню времена, когда науку позиционировали как «производительную силу», как-то занимались развитием человека, ибо был нужен «строитель коммунизма», а не «продвинутый потребитель», и фраза «сперва думай о Родине, а потом о себе» была не только песней из кинофильма. Много воды утекло с тех пор. Изменились взаимоотношения между людьми. Одним из последствий этого является то, что «плавильные котлы», которые создавали Карпачев и Конев, нынче не возможны. Это первый аспект текущей ситуации.

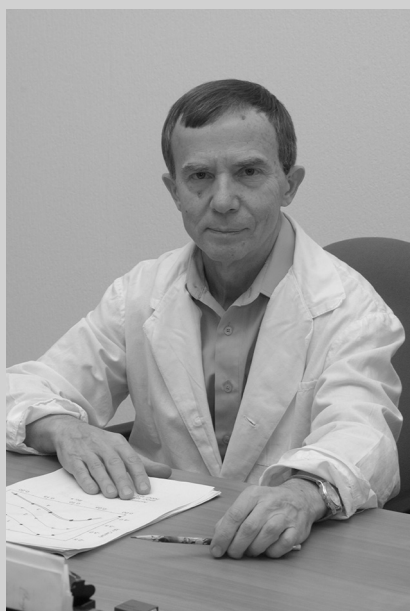
Во-вторых, изменилась система образования. При переходе на бакалавров и магистров меньше всего пострадали специальности, которые создавались с «чистого листа». Во всех остальных случаях, в условиях отсутствия времени и денег, просто выкинули часть курсов. На это наложилась система ЕГЭ, где в таблице один из четырех ответов точно правильный. В итоге формируется островковый набор знаний без всякой системы при неумении бороться с нетривиальными задачами.

Третьим аспектом является то, что Мир, который был большим, как мне кажется, довольно быстро разделится на конечное число замкнутых зон. В них особыми будут не только валюты, но и наука. Времена глобальной науки прервутся.

Что можно пожелать подрастающему поколению в качестве напутствия? Прочитать Ленина: «Учиться, учиться и учиться!!!» Может еще успеете...



ВРЕМЕНА И ЛЮДИ



Валерий ГОРЕЛОВ

Кандидат химических наук,
ведущий научный сотрудник
лаборатории кинетики.

В Институте я работаю с 1 апреля 1964 года, то есть 59 лет. За это время я сталкивался со многими интересными людьми, которые составили его историю. Первым был Сергей Федорович Пальгуев, тогда еще кандидат химических наук, возглавлял лабораторию физико-химических свойств твердых электролитов. В лаборатории исследовали твердые оксидные электролиты, то есть оксидные материалы, обладающие кислород-ионной проводимостью. Его помощником по руководству лабораторией был Анатолий Дмитриевич Неуймин, очень энергичный, подвижный, с черной шевелюрой. Я был у него лаборантом. К нему можно было подойти и проконсультироваться по любому вопросу. Он первый создал метод ЭДС, который сейчас в мире широко используется для того, чтобы определять, сколько и какая доля кислородного переноса находится в тех или других веществах.

Непосредственно с Сергеем Федоровичем я начал работать, когда он готовил докторскую диссертацию. Моя задача была – нарисовать все графики для его двухтомной докторской диссертации. Это была большая работа, и здесь я очень хорошо научился рисовать графики. Причем графики рисовались на кальке тушью рейсфедером. Довольно специфическая работа. А так как графиков было больше сотни, то я очень хорошо научился их строить.

После окончания университета в 1970 г. по специальности, кстати, физика, а кандидат я химических наук, я приступил к исследованию твердых электролитов на основе диоксида циркония непосредственно под руководством Сергея Федоровича. Мне была выделена

отдельная комната, в которой я собрал установку для измерений электропроводности. И когда начал измерения, то получились очень интересные результаты. Я обратил внимание на то, что в методике не очень-то хорошо учитывают влияние электродов и сделал очень длинные образцы, когда вклад электродов в общее сопротивление был мал. Измерения показали, что проводимость этих электролитов много больше, чем было принято считать. Когда с этими данными я пришел к Михаилу Васильевичу Перфильеву, а он тогда уже руководил лабораторией кинетики, он долго смотрел на них и положил график себе на стол под стекло. Когда я приходил, то всегда видел, что этот график у него лежит. Я работал с Михаилом Васильевичем, когда он был еще аспирантом. Работать с ним было очень интересно. Этот человек исследовал кинетику электродных процессов на твердых электролитах и работал очень интенсивно. Помню, он садился за установку, а я записывал числа, которые он быстро диктовал. Действительно, когда идет спад поляризационной кривой, нужно быстро записывать эти точки. Лето, в комнате стояло несколько печей, было жарко, мы делали такой замер, после чего выходили из этого пекла, шли в дендрарий, чтобы передохнуть от жары. Затем возвращались и проводили следующую серию измерений.

Работал он быстро, потому что хотел перейти, как я понял, в лабораторию кинетики, которой руководил член-корреспондент Сергей Васильевич Карпачев. Человек весьма необычный и эрудированный. Участвовал в разработке атомной проблемы. Когда



Коллектив лаборатории твердооксидных топливных элементов в 2002 г.

у него возникал какой-либо вопрос, он весьма поучительно подходил к его решению. Разговаривал с одним человеком, с другим, с третьим. Просто спрашивал его, что он думает по этому поводу, не вступая с ним в дискуссию. Выслушивал, благодарил и, сопоставляя разные точки зрения, приходил к определенному выводу.

Он любил термодинамику, читал лекции по термодинамике для сотрудников института. Читал он хорошо. При этом время от времени прерывал лекцию каким-нибудь интересным случаем или анекдотом, чтобы слушатели расслабились. Но пустую болтовню не любил, прерывал ее: «Из слов дома не построишь, давайте работать!»

В своей лаборатории он собрал толковых, умных сотрудников, которые и создали школу кинетики электродных процессов. В нее вошли такие люди, как Борис Леонидович Кузин, Михаил Васильевич Перфильев, который после защиты докторской возглавил эту лабораторию. Работал там Эджем Хурьятбекович Курумчин, будущий доктор наук, основатель школы по изучению изотопного обмена в Институте. Когда он пришел в лабораторию Михаила Васильевича, тот предложил ему изучить активацию электродов разными оксидами из группы редкоземельных. Курумчин этим делом занялся и вдруг увидел, что при активации оксидами церия и

празеодима поляризационное сопротивление электрода исчезало. Что за ерунда? Проверил несколько раз – действительно так. Это было необычно, и до сих пор эти оксиды используют для улучшения работы электродов.

После окончания физического факультета к нам пришел Василий Николаевич Чеботин – очень интересный человек. Высокого роста, брюнет, всегда ходил в костюме при галстуке, носил очки в квадратной оправе – вид классического ученого. Он занялся теорией твердых электролитов. Погрузился в это, и быстро защитил сначала кандидатскую диссертацию, потом докторскую. Докторскую защитил в 33 года – это был самый молодой доктор наук во всем Уральском отделении. Мыслил он очень ясно. При этом хорошо разбирался в эксперименте и ценил его. Говорил: «Если теория не совпадает с экспериментом, тем хуже для теории», или: «Так сказал его величество эксперимент!» И когда экспериментатору было что-нибудь непонятно, с ним можно было это обсуждать. Он был очень хорошим лектором, преподавал в Уральском государственном университете на физическом факультете. Василий Николаевич был благородным и вежливым человеком. Ко всем обращался на «Вы» и не имел привычки кого-то обсуждать за глаза. Если при нем начинались такие разговоры, он вставал и уходил. Но когда дело

касалось науки, его критика была жесткой, и человеку, попавшему под его критику, не позавидуешь. Но критиковал он, конечно, по существу, поэтому его замечания были для человека очень полезны. Вместе с Чеботиным работала Лилия Моисеевна Соловьева – теоретик, мнение которой высоко ценили твердоэлектролитчики.

Когда Сергей Федорович Пальгуев достиг 70-летнего возраста, он ушел с заведования лабораторией и перешел в консультанты. Между прочим, в этом возрасте он освоил компьютер, писал с его помощью обзоры. Его сменил молодой доктор наук Евгений Ираклиевич Бурмакин. Он был специалистом по оксидным электролитам с катионной проводимостью. Стремился изучать новые материалы со все большей проводимостью. Работал он в контакте с доктором химических наук Георгием Шаевичем Шехтманом, глубоко эрудированным специалистом. При этом с Георгием Шаевичем можно разговаривать на любые темы, хорошо знает музыку, литературу,

Когда институт возглавил академик А.Н.Барабошкин, человек с ясным мышлением, который всегда смотрел в корень вещей, я занялся новым направлением – протонными электролитами на основе оксидов. Была создана группа из четырех человек, и мы занялись исследованием этих интересных объектов. Это было удивительно – оксиды, а перенос ионов осуществляется по водороду. Открыл это явление японский исследователь Ивахара. Изредка по вечерам Барабошкин заходил ко мне, начиная разговор с одной и той же фразы: «Ну что, двигаются протоны в оксиде?»

Сейчас в Институте эти работы расширились, протонными твердыми электролитами активно занимается большая лаборатория, руководимая молодым доктором наук Д.А.Медведевым. Очень энергичный, хорошо знает английский язык, имеет контакты с другими исследователями в мире, работает и ведет исследования в УрФУ со студентами.

В



Эджем КУРУМЧИН

**Доктор химических наук,
главный научных сотрудник
лаборатории кинетики.**

В свое время наш институт был чисто мужским институтом. Было несколько машинисток, секретарь ученого совета и секретарь директора. Все остальные сотрудники были мужчины. Молодые, энергичные и заинтересованные в своем деле и очень веселые, спортивные, трудолюбивые. Мы часто собирались на дни рождения, как это раньше было принято, много времени проводили вместе и неплохо знали друг друга не только как исследователей, но и представляли себе человеческие качества друг друга. Впоследствии, когда многие переженились, завели детей, мы время от времени даже семьями встречались.

Было в Институте уникальное направление научных исследований, в становлении которого мне довелось участвовать. Речь идет об организации работ, основанных на методике изотопного обмена твердых оксидов с различными газами. Была создана уникальная установка, которая на сегодняшний день оснащена такой приборной техникой и модифицирована настолько, что нигде в мире нет возможностей проводить исследования подобного уровня, как в нашем Институте. К большому сожалению, в 2020–2021

ПОНИМАНИЕ ПРОЦЕССОВ

гг. часть очень перспективных молодых сотрудников ушла из Института, и сейчас в группе изотопных исследований осталось всего четверо исследователей. Работы мы продолжаем, оставшаяся молодежь талантлива, увлечена тематикой своих работ.

На выставке наших изделий есть лабораторные макеты устройства, те самые, для создания которых был организован в свое время по инициативе Фрумкина новый Институт на Урале. Это топливные элементы, сенсоры и прочие устройства. Первый в Европе работающий топливный модуль киловаттного класса был создан в нашем Институте, что называется, на колени. В тяжелые 1990-е, 2000-е годы по известным причинам произошел провал в работе и исследованиях. Как раз в это время мировое научное сообщество сумело заменить благородные металлы в высокотемпературных топливных элементах на разнообразные оксиды.

Сейчас мы подтянули уровень таких разработок, и перед нами стоит задача создать пусть опытное, но производство электрохимических устройств киловаттного класса. Принципиально необходимые материалы для топливных элементов на кислородпроводящих мембранах выбраны. В данное время работы, ориентированные на практическое создание и испытание таких устройств, в Институте очень активно развиваются. Рассмотрено использование в качестве электролитов материалов с протонной проводимостью. Недавно под эгидой нашего Института в УрФУ создан Институт водородной энергетики.

Благодаря энергии нашей дирекции и, главным образом, великолепному научному менеджеру Юрию Павловичу Зайкову, Институт, по сравнению с другими, находится в хорошем финансовом положении. Удастся открывать новые лаборатории, в том числе молодежные.

Специфика отечественной науки такова, что она всегда держалась на научных школах. Внешне это выглядело следующим образом: приходит человек, ему выделяют стол, установку и до выхода на пенсию он сидит и занимается своим делом, накапливая какой-то багаж знаний, не гоняясь за количеством публикаций, честно включая в состав всех, кто приложил руку к этой работе, не боясь, что это понизит его показатели и премии за работу, проверяя и 100 раз перепроверяя свои результаты. Таким образом зарабатывалось определенное научное реноме.

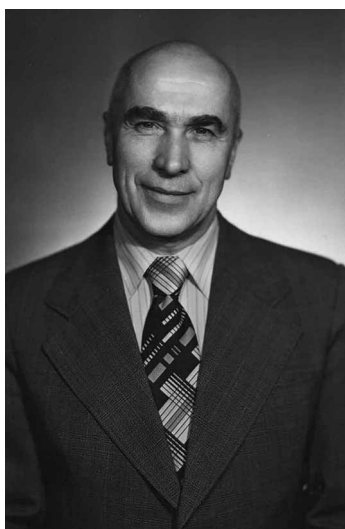
Говорить о перспективах сейчас, когда неизвестно, что завтра будет, вообще рискованное занятие. Но безусловно, то направление, которое у нас развивается с Росатомом – участие в программах атомно-энергетической направленности – реальные перспективы исследований на ближайшие три года. Есть и более долгосрочные планы.

Если говорить о твердых электролитах, то создана молодежная лаборатория, задачей которой является подготовка технологичных наработок для того, чтобы примитивные самодельные лабораторные стенды превратились в промышленные технологии, на базе которых было бы создано отечественное малосерийное производство топливных элементов. Если говорить о лаборатории кинетики, то она очень активно участвует в этом.

Для успешного исследования необходимо понимание процессов на межфазной границе и главным становится кинетика электронных процессов, на сегодняшний день одно из основных направлений исследований для оптимизации процесса токообразования в электрохимических приборах. Думаю, что перспективы хорошие, потому что костяк лаборатории сейчас – это молодые люди.



ЛИДЕРЫ – ИЗВЕСТНЫЕ УЧЕНЫЕ И ОРГАНИЗАТОРЫ ПРОИЗВОДСТВА



СМИРНОВ Михаил Владимирович (1918–1998) – профессор, доктор химических наук, видный ученый в области физической химии и электрохимии, директор-организатор Института электрохимии УФАН СССР, заведующий лабораторией расплавленных электролитов (1949–1987).

Определил основные направления исследований в области физической химии и электрохимии расплавленных и твердых электролитов, которые в настоящее время успешно развиваются в научных подразделениях Института, переименованного в 1992 году в Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН.

В 1941 году окончил химический факультет Уральского государственного университета им. А.М.Горького, после чего в течение трех лет был инженером и начальником цеха Пышминского медеэлектролитного завода, а с 1944 года до конца своей жизни работал в Уральском отделении РАН.

М.В.Смирнов выдвинул программу фундаментальных работ в области физической химии и электрохимии солевых расплавов. Основное внимание было уделено комплексному систематическому исследованию термодинамических, объемных, межфазных, транспортных, теплофизических, акустических, оптических и магнитных свойств солевых расплавов, электрохимическому поведению в них ряда металлов (щелочных, щелочноземельных, бериллия, лантана, церия, титана, циркония, гафния, молибдена, хрома, железа, тория, урана, плутония) и их соединений (оксидов, карбидов, нитридов). Многие методические разработки, предложенные профессором М.В.Смирновым, широко используются у нас в стране и за рубежом.

На основании проведенных систематических исследований свойств расплавленных электролитов он сформулировал ряд новых научных положений о строении и природе ионных жидкостей, механизме коррозии, термодинамике и кинетике электродных процессов в солевых расплавах, явлении бестокового переноса, во многом определяющих современные представления о природе высокотемпературных процессов на границе электронных проводников с электролитами.

М.В.Смирнов был автором более 700 научных трудов и получил 27 авторских свидетельств на изобретения по актуальным для современной техники вопросам. Часть выполненных им вместе с учениками исследований обобщена в монографиях «Электродные потенциалы в расплавленных хлоридах» и «Вязкость расплавленных галогенидов щелочных металлов и их бинарных смесей».

Он был одним из основателей и блестящих преподавателей физико-технического факультета УГТУ (УПИ), успешно занимался подготовкой высококвалифицированных научных кадров. 70 его учеников защитили кандидатские диссертации, а 15 из них стали докторами наук и продолжают исследования в различных научных учреждениях и вузах России.

М.В.Смирнов был широко эрудированным, талантливым человеком, естествоиспытателем и философом науки, настоящим российским интеллигентом, ищущим гармонию не только в своей профессиональной работе, но и в других своих любимых занятиях. Он прекрасно знал основные европейские языки, был знатоком и страстным любителем классической музыки и «музыки» небесных светил.

М.В.Смирнов – лауреат Государственной премии СССР, Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, награжден многими орденами и медалями.

КАРПАЧЁВ Сергей Васильевич (1906–1987) – известный российский ученый, один из основателей школы высокотемпературной электро-



химии. Свою трудовую деятельность С.В.Карпачёв начал в 1925 г. лаборантом Уральского политехнического института. В 1930 г. он окончил институт и с 1932 по 1948 гг. заведовал лабораторией электрохимии расплавленных солей Уральского физико-

технического института, который впоследствии вошел в состав Уральского филиала АН СССР, с 1941 по 1948 гг. руководил кафедрой физической химии Уральского государственного университета. С 1946 по 1947 гг. – проректор по научной работе УрГУ, с 1949 по 1956 гг. выполнял важные государственные задания по созданию оборонной техники, с 1956 по 1963 гг. С.В.Карпачёв ректор университета, а с 1963 по 1977 гг. – директор Института электрохимии УНЦ АН СССР. С 1965 по 1984 гг. С.В.Карпачёв заведовал лабораторией электрохимической кинетики твердых электролитов. В 1970 г. избран членом-корреспондентом АН СССР.

Научная деятельность С.В.Карпачёва связана с электрохимией расплавленных солей и твердых электролитов. Его ранние работы, посвященные изучению технологических процессов получения магния и алюминия, способствовали решению ряда теоретических и практических задач электрохимической технологии получения этих металлов. Выполненные под руководством С.В.Карпачёва исследования электродной поляризации в расплавах, контактной разности потенциалов металлов и другие работы не потеряли своего значения до сих пор и внесли значительный вклад в мировую электрохимическую науку. Он по праву считается одним из основателей научной школы электрохимиков на Урале. С.В.Карпачёв – автор пионерских работ в области электрохимической кинетики в твердых электролитах. Им впервые получены данные по емкости двойного электрического слоя в твердых электролитах, закономерности кинетики обменных реакций кислорода между электролитом и газовой фазой.

Под руководством С.В.Карпачёва защищены 28 кандидатских диссертаций. Восемь его учеников стали докторами наук и возглавили научные коллективы. Длительное время С.В.Карпачёв возглавлял секцию твердых электролитов Научного совета АН СССР по физической химии ионных расплавов и твердых электролитов, был

членом Международного электрохимического общества.

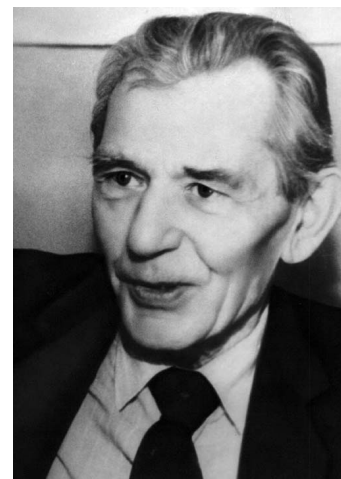
За большие заслуги в развитии науки и оборонной техники С.В.Карпачёв был дважды награжден почетным званием лауреата Государственной премии, орденом Ленина, четырьмя орденами Трудового Красного Знамени, орденом «Знака Почета», «Знаком отличника народного образования за педагогическую деятельность» и медалями.

ИЛЮЩЕНКО Николай Григорьевич (1918–1995) – родился 4 декабря 1918 года в деревне Новопокровка Татарского района Новосибирской области, в семье железнодорожника. После окончания средней школы в 1937 году поступил на химический факультет Уральского государственного университета и в августе 1941 года окончил его по специальности «физическая химия».

В сентябре 1941 года призван в Красную армию и после окончания офицерских курсов при Военнохимической академии в марте 1942 года был направлен на Западный фронт в должности начальника химической службы стрелкового полка, где и прослужил до сентября 1945 года. Участвовал в освобождении Украины, Польши, Германии, Чехословакии, Австрии и был представлен к наградам боевыми орденами: Красной Звезды, Отечественной войны 2-й степени, медалями: «За взятие Берлина», «За освобождение Праги», «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.», юбилейными медалями.

После демобилизации в сентябре 1945 года поступил в Институт химии и металлургии УФАИ в лабораторию электрохимии на должность старшего лаборанта, с июля 1946 года получил звание – младший научный сотрудник.

В 1953 году приказом по Академии наук был командирован в распоряжение Минсредмаша (п/я 318) для работы по атомному проекту, где защитил кандидатскую диссертацию, работал старшим научным сотрудником и начальником лаборатории. В этот период разрабатывал методики анализа плутония на примеси, методы получения пористых фильтров для разделения изотопов ура-



на, электрохимические методы получения чистого тория и бериллия.

В 1958 году Николай Григорьевич возвращается в УФАИ и занимает по конкурсу должность заведующего специальной лабораторией № 1 в Институте электрохимии.

В 1961 году избран на должность заведующего лабораторией сплавов, а с 1961 года по 1963 год одновременно исполнял обязанности директора Института. Это было время бурного развития Института и активного расширения его материальной базы. Именно тогда, под руководством Н.Г.Илющенко были начаты систематические исследования в совершенно новом направлении – взаимодействие металлов в ионных расплавах без электролиза и диффузионное сплавообразование. Эти работы явились научной основой новых способов получения разнообразных диффузионных покрытий на металлах, получения порошковых сплавов и неорганических соединений, часть из них были внедрены в промышленность.

В 1971 году он защитил докторскую диссертацию, в 1973 году стал профессором. С 1973 года по 1981 год Н.Г.Илющенко работал заместителем директора Института по научной работе, оставаясь заведующим лабораторией сплавов.

За большой цикл работ Н.Г.Илющенко был удостоен Государственной премии в области науки и техники 1988 года.

В последние годы им было основано новое направление – самопроизвольный перенос металлов и неметаллов в ионно-электронных расплавах.

Огромный жизненный, научный и технологический опыт Николая Григорьевича был остро необходим для успешной работы Ученого Совета Института, специализированного Совета по защитах диссертаций, в повседневной работе его учеников и последователей. Под руководством Н.Г.Илющенко были выполнены и успешно защищены 12 кандидатских диссертаций.

Всего им опубликовано более 200 печатных работ и защищено 30 изобретений, они нашли признание и за рубежом. В 1991 году вышла из печати в издательстве «Наука» его монография «Взаимодействие металлов в ионных расплавах», которая разошлась мгновенно и стала библиографической редкостью через полгода после издания.

До последних дней жизни он был истинным генератором новых идей и прекрасным экспериментатором.

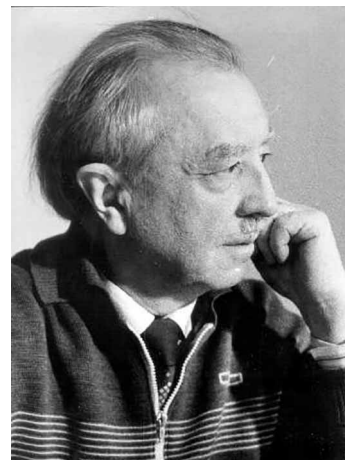
БАРАБОШКИН Алексей Николаевич (1925–1995) – академик РАН, доктор химических наук,

профессор, директор Института высокотемпературной электрохимии УрО РАН (1977–1995). А.Н.Барaboшкин – один из ведущих ученых страны и мира в области высокотемпературной электрохимии и физической химии расплавленных солевых сред. Он создал основы общей теории электрокристаллизации металлов, сплавов и химических соединений из расплавленных электролитов. Под руководством А.Н.Барaboшкина исследована кинетика и механизмы электрохимических реакций в процессах фазообразования. Установлено их влияние на структуру образующейся новой фазы. Изучена кинетика анодных и катодных процессов при электролизе галогенидных, оксидных и смешанных электролитов. Разработаны некоторые вопросы хронопотенциометрии для осаждения твердых металлов из расплавленных солей.

Он разработал теорию микрораспределения тока на катоде, в которой впервые учтены электропроводность осадка, его энергетическая неоднородность, замедленная диссоциация комплексных ионов, наличие в расплаве нескольких валентных форм ионов, а также теорию микрораспределения тока при нестационарных режимах электролиза и пассивирования растущей поверхности. В результате им были сформированы критерии устойчивости плоского фронта роста электролитических осадков.

Алексеем Николаевичем и его учениками выполнены обширные экспериментальные исследования в области электрокристаллизации осадков тугоплавких (вольфрама, молибдена, рения) и благородных (платины, иридия, рутения, родия, палладия, золота) металлов, их сплавов, а также диоксида урана, оксидных бронз молибдена, вольфрама и ванадия. Установлено влияние природы ионного расплава и условий электролиза на состав и микроструктуру осадков. Определены условия роста монокристаллических, дендритных, порошковых и сплошных катодных осадков. Показано, что наиболее существенную роль в формировании катодных осадков играют примеси, соосаждающиеся химическим и электрохимическим путем.

А.Н.Барaboшкиным установлены закономерности электрокристаллизации ориентированных осадков, развита обобщенная теория текстур роста, связывающая направление оси текстуры



ориентированного осадка с его огранкой и характером распределения тока. На основании проведенных исследований разработаны научные основы технологии электролитического осаждения тугоплавких и платиновых металлов: электрографинирование, нанесение жаро- и коррозионно-стойких покрытий на различные металлические подложки и гальванопластическое получение изделий сложной формы. Некоторые из этих технологий были внедрены на предприятиях России.

А.Н.Барaboшкин был истинным тружеником науки. В 1976 г. издательство «Наука» опубликовало его монографию «Электрокристаллизация металлов из расплавленных солей». Кроме монографии им опубликовано 230 статей, получено 62 авторских свидетельства на изобретения. Ученым подготовлены 33 кандидата и 3 доктора химических наук. Его работы получили широкое применение в России и во всем мире.

В составе авторского коллектива за цикл работ «Теоретические основы современной высокотемпературной электрохимии расплавленных солей» А.Н.Барaboшкин удостоен Государственной премии СССР 1988 года.

А.Н.Барaboшкин имел большой опыт научно-организационной работы: с 1962 года – зав. лабораторией, с 1977 по 1995 г. – директор Института высокотемпературной электрохимии, с 1981 года – член Международного электрохимического общества; председатель секции высокотемпературной электрохимии Научного совета РАН по электрохимии и коррозии, член бюро отделения общей и технической химии РАН, член Президиума УрО РАН, руководитель приоритетной макротемы научно-технической программы «Новые принципы и методы получения химических веществ и материалов», заместитель главного редактора журнала «Расплавы», председатель ГЭК на физико-техническом факультете УПИ им. С.М.Кирова.

За заслуги в развитии химической науки и подготовку научных кадров ученый награжден орденами Трудового Красного Знамени и Октябрьской революции. Также была учреждена премия имени А.Н.Барaboшкина для молодых ученых.

ИВАНОВСКИЙ Леонид Евгеньевич (1923–2000) – основатель и научный руководитель лаборатории электролиза расплавов, лауреат Государственной премии СССР, доктор технических наук, профессор.

Родился в поселке Модылев Потиевского района Житомирской области. В 1937 году семья переехала на Урал, здесь Леонид Евгеньевич окончил школу в 1941 году и сразу ушел на фронт. В

1941 году поступил в военное училище в г. Казани, после окончания воевал на разных фронтах. Был награжден пятью боевыми медалями, а также орденом Красной Звезды, орденом Отечественной войны 1-й степени.

После окончания войны и демобилизации в 1946 г. поступил в Уральский политехнический институт на металлургический факультет, а в 1949 г. был переведен на вновь созданный физико-технический факультет. Окончил институт в 1951 г. с отличием и поступил в аспирантуру Института химии и металлургии УФАИ. Свои научные исследования начал с должности младшего научного сотрудника под руководством выдающегося ученого и педагога М.В.Смирнова в его лаборатории электрохимии расплавленных солей. В 1958 г. на базе этой лаборатории был организован Институт электрохимии УФАИ (ныне ИВТЭ УрО РАН), в котором Леонид Евгеньевич работал до последних дней своей жизни. В 1955 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата химических наук. В 1958 г. ему было присвоено звание старшего научного сотрудника. В 1961–1994 гг. он заведовал вновь созданной технологической лабораторией (впоследствии – лаборатория электролиза расплавов), а с 1994 г. стал ее научным советником. В 1970 г. защитил докторскую диссертацию, в 1972 г. ему было присвоено звание профессора.

Трудами Л.Е.Ивановского и его учеников сформировано новое научное направление в области физической химии – высокотемпературная электрохимия тугоплавких металлов. Впервые были проведены систематические исследования термодинамики галогенидных соединений тугоплавких металлов, электродных процессов, протекающих при выделении и растворении металлов, поведения газообразных продуктов электролиза, процессов при электролизе с различными типами неметаллических анодов. На основании этих исследований разработаны теоретические основы электролиза тугоплавких металлов, созданы новые способы получения и рафинирования металлов и сплавов, химических соединений заданного состава и структуры, способы разделения близких по свойствам элементов и переработки лома цветных металлов. Его разработки успешно используются на практике. Эти исследования



вошли существенной составной частью в научный материал, за который группа ученых института была награждена Государственной премией СССР в области науки (1988 г.).

Результаты исследований и их новизна защищены 58 авторскими свидетельствами, обобщены в трех монографиях, опубликованы в 400 научных работах. Под руководством Л.Е.Ивановского защищено 28 кандидатских диссертаций, двое его учеников стали докторами наук.

Леонид Евгеньевич был не только крупным ученым, но и организатором науки. В 1962–1971 гг. он выполнял обязанности заместителя председателя президиума УФАН СССР, в 1971–1976 гг. – был главным ученым секретарем УНЦ АН СССР. Он был исключительно внимателен к людям, особенно к молодым, начинающим путь в науке сотрудникам. Будучи чрезвычайно загруженным общественной работой, он ежедневно бывал в своей лаборатории, а аспиранты часто приходили к нему в президиум и даже домой. У него был удивительный дар подбора коллектива, он всегда находил время для общения с молодыми, в их судьбе он сыграл особую роль. Не раз благодаря его совету они принимали правильные, как потом выяснялось, решения.



ЧЕБОТИН Василий Николаевич (1938–1985) – известный теоретик, внесший значительный вклад во многие разделы физической химии и электрохимии твердых электролитов.

Родился в деревне Пьянково Чащинского района Курганской области. В 1955 г. окончил с золотой медалью среднюю школу в райцентре и был принят на физико-математический факультет Уральского государственного университета. В 1960 г. окончил университет с отличием по специальности «теоретическая физика» и поступил на работу в Институт электрохимии Уральского отделения (тогда Уральского филиала) Академии наук СССР, где проработал почти 25 лет.

В 1965 г. Василий Николаевич защитил диссертацию «Электронная проводимость ионных кристаллов в равновесии с газовой фазой» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а в 1971 г. стал самым молодым доктором наук Уральского научного центра

АН СССР, защитив диссертацию «Исследования по теории твердых электролитов».

С 1973 г. по 1983 г. В.Н.Чеботин возглавлял созданную им теоретическую группу Института электрохимии. Наряду с исследовательской работой Василий Николаевич уделял серьезное внимание научно-педагогической деятельности. Пятнадцать его учеников стали кандидатами и двое – докторами наук. Он был блестящим лектором, умевшим четко изложить суть вопроса и сделать его понятным для слушателей с различной подготовкой. В течение многих лет читал в Уральском госуниверситете спецкурс по теории разупорядоченности и явлениям переноса в твердых телах, постоянно выступал с лекциями на школах молодых специалистов по химии и электрохимии твердого тела, в различных вузах и исследовательских центрах страны.

Работал Василий Николаевич всегда увлеченно и продуктивно. Уже в первые несколько лет после окончания университета он опубликовал цикл работ по теории ионных кристаллов. Заданный темп поддерживался до последних лет жизни: в 1984–1985 гг. было опубликовано 11 статей в центральных научных журналах, а в 1986 г., уже после его смерти, вышло еще 6 статей. Всего за 25 лет – около 170 публикаций, в том числе учебное пособие «Явления переноса в ионных кристаллах» (1968 г.); широко известная, написанная в соавторстве с М.В.Перфильевым, монография «Электрохимия твердых электролитов» (1978 г.); монография «Физическая химия твердого тела» (1982 г.) и законченная уже после его смерти И.В.Мурыгиным и В.Г.Городецким монография «Химическая диффузия в твердых телах» (1989 г.).

Научные интересы В.Н.Чеботина отличались широтой и разнообразием, охватывая практически все аспекты электрохимии твердых электролитов. Он внес существенный вклад в теорию электронной проводимости ионных кристаллов в равновесии с газовой фазой и решил ряд важных задач, связанных со статистико-термодинамическим описанием дефектообразования в твердых электролитах и ионно-электронных проводниках. Значимые результаты были получены в теории ионного транспорта в твердых электролитах (химическая и взаимная диффузия, корреляционные эффекты, термоэдс ионных кристаллов и др.). Большое внимание В.Н.Чеботин уделял решению собственно электрохимических проблем – прежде всего теории двойного слоя и вопросам, связанным с природой поляризации на границе твердый электролит / газовый электрод.

В своей работе Василий Николаевич, как правило, исходил из эксперимента; его редко интере-

совала теоретическая задача сама по себе, гораздо важнее было найти простую и продуктивную модель, способную объяснить экспериментальные факты. Во многих случаях эксперимент шел параллельно с развитием теории, и Василий Николаевич принимал самое непосредственное участие в планировании и постановке новых опытов.

Влияние научных идей Василия Николаевича Чеботина до сих пор ощущается в работах по твердым электролитам, его статьи цитируются, а монографии используются как квалифицированными специалистами, так и при подготовке молодых научных сотрудников.



П Е Р Ф И Л Ь Е В

Михаил Васильевич (1935–1997) – известный российский ученый, один из основателей школы высокотемпературной электрохимии твердых оксидных электролитов. В 1959 г. окончил физико-технический факультет Уральского политехнического института

им. С.М.Кирова, а в 1961 г. поступил в аспирантуру Уральского филиала АН СССР. Кандидатская диссертация «Кинетика электродных процессов в твердых электролитах» защищена в 1965 г. В этой работе впервые в высокотемпературной электрохимии предложена и рассмотрена модель токообразования на газовом электроде. Представления, заложенные в эту модель, используются и поныне. В конце 1960-х годов Михаил Васильевич много времени уделял импедансным измерениям электрохимических систем с твердым оксидным электролитом и получил очень важный результат – метод разделения объемной и межзеренной проводимости поликристаллических твердых электролитов (1971 г.). Данный метод открыл широкие возможности для изучения влияния границ зёрен поликристаллического твердого электролита на его транспортные свойства.

В последующих работах были установлены закономерности проводимости поликристаллических оксидных электролитов в зависимости от размера зерен, наличия на межзеренных границах различных примесей. В начале 1970-х годов Михаил Васильевич сформировал сильную группу сотрудников, в основном из своих учеников, что сделало возможным проведение исследований в нескольких направлениях. Одно

из них – влияние границ зерен поликристаллического электролита на его транспортные свойства. Другое и, пожалуй, главное – высокотемпературный электролиз газов. В этом направлении были проведены систематические исследования кинетики электрохимического разложения CO_2 и H_2O . Впервые получены кинетические закономерности электровосстановления CO до углерода в твердых оксидных электролитах. Именно в этих работах впервые была использована электрохимическая ячейка с газодиффузионным каналом, давшая в дальнейшем мощный импульс аналитическим исследованиям с применением твердых электролитов. Разработан ряд высокоактивных электродов для высокотемпературных электролизеров. Предложена модель токообразования на электроде из пористой металлической матрицы, в которой находится смешанный электронно-ионный проводник. Решены основные вопросы, касающиеся конструкций элементов батарей и электролизеров в целом, а также режимов их работы. Накоплен большой экспериментальный материал по испытаниям электролизеров, ресурсным испытаниям электродов, отдельных элементов и батарей. Выполнен цикл работ по изучению кинетики старения твердых электролитов на основе ZrO_2 . В 1988 г. основные результаты по данной тематике были обобщены в монографии «Высокотемпературный электролиз газов».

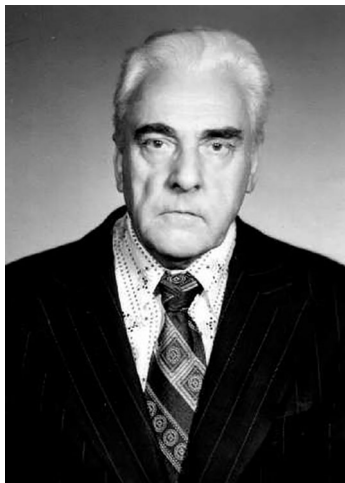
А первая монография «Электрохимия твердых электролитов», написанная в соавторстве с В.Н.Чеботиным, увидела свет в 1978 г. Это фундаментальный труд, вобравший в себя исчерпывающий на то время экспериментальный материал и теоретические представления по всем разделам электрохимии твердых электролитов. В 1984 г. эта монография была издана в США.

Блестящий экспериментатор, М.В.Перфильев постоянно уделял внимание расширению методологической базы исследований в твердых электролитах. Выше, в качестве результатов такой деятельности, уже были отмечены импедансный метод исследования проводимости поликристаллических твердых электролитов и создание электрохимической ячейки с газодиффузионным каналом для аналитических исследований. Для определения нижней температурной границы обратимости электрода им был предложен оригинальный метод, основанный на измерениях термо-эдс электрохимических ячеек.

В 1984 г. Михаил Васильевич успешно защитил докторскую диссертацию, а в 1985 г. возглавил лабораторию кинетики. В этот период он уделял много внимания работам по созданию топливного элемента на твердых электролитах.

Во многом благодаря его поддержке в Институте был сконструирован и изготовлен электрохимический генератор мощностью 1 кВт.

М.В.Перфильев подготовил пять кандидатов наук, а двое из его учеников стали докторами наук, был президентом Российского отделения международного общества «Ионика твердого тела» (ISSI). В 1993 г. Михаилу Васильевичу было присвоено звание профессора.



ПАЛЬГУЕВ Сергей Федорович (1919–2001) – один из основателей школы уральских электрохимиков, родился 24 сентября 1919 года в г. Невьянске. В семье был шестым, самым младшим ребенком. В 1941 г. окончил химфак Уральского госуниверситета им. А.М.Горького и всю

военный год работал контрольным мастером на Уралмашзаводе. В июне 1946 г. поступил в аспирантуру при Институте химии и металлургии УФАИ, а 16 июля 1949 года защитил кандидатскую диссертацию на соискание ученой степени к.х.н. по теме: «Исследование чисел переноса ионов в чистых расплавленных солях» под руководством известного электрохимика д.х.н., проф. С.В.Карпачева, заведующего лабораторией электрохимии. С.Ф.Пальгуев стал первым заведующим лабораторией физико-химических свойств твердых электролитов – первой в стране специализированной лаборатории по исследованию твердых электролитов. Руководил ею 30 лет, до 1987 г., когда его сменил д.х.н., проф. Е.И.Бурмакин, специалист в области катионных электролитов.

С.Ф.Пальгуев защитил докторскую диссертацию в январе 1965 года, звание профессора получил в 1968 году. Основным направлением исследований лаборатории было не только изучение материалов для высокотемпературных топливных элементов – твердых электролитов с кислородной проводимостью и электродных материалов, но и разработка конструкций топливных элементов, датчиков кислорода, электролизеров. В 1968 г. в лаборатории был изготовлен и испытан первый в мире ТОТЭ с твердым оксидным электролитом мощностью 50 Вт (рук. группы с.н.с, к.х.н. А.Д.Неуймин). На высоком уровне в лаборатории велись теоретические

исследования (В.Н.Чеботин, Л.М.Соловьева). Активно исследовались электродные процессы на твердых электролитах (А.Д.Неуймин, А.Т.Филияев, М.В.Перфильев, М.В.Глумов, Б.Л.Кузин) и оксидные электродные материалы (А.Д.Неуймин, В.И.Земцов, В.К.Гильдерман, Е.Л.Аникина). В 1958 году был разработан метод э.д.с. определения чисел переноса ионов в оксидных материалах (А.Д.Неуймин), который широко используется. Проведены обширные исследования электропроводности индивидуальных оксидов и двойных систем (З.С.Волченкова, В.М.Недопекин, Д.С.Зубанкова, В.П.Горелов, В.Б.Балакирева, А.Н.Власов), тройных систем (Ю.Н.Караваев) в широком температурном интервале в различных газовых средах. Широко велись рентгеновские исследования, в том числе, при высокой (до 1500С°) температуре (В.Н.Стрекаловский, Г.В.Буров, В.Н.Зубанков, В.П.Горелов). В лаборатории впервые изучались электролиты на основе сложных нитридов (Р.П.Лесунова, Л.С.Каренина), а в 1981 году впервые в России начались исследования высокотемпературных протонных электролитов (В.П.Горелов, В.Б.Балакирева, Д.С.Зубанкова).

За время существования лаборатории из нее выделились три новых: в 1967 году лаборатория кинетики (зав. лаб., чл.-корр С.В.Карпачев), в 1973 году теоретический отдел (зав., д.х.н. В.Н.Чеботин), в 1983 году лаборатория электрохимических устройств (зав. лаб., к.х.н. А.Д.Неуймин).

Итоговые достижения С.Ф.Пальгуева: печатных работ – более 500, монографий – 4, авторских свидетельств на изобретения – 45, подготовлено кандидатов наук – 26, докторов наук – 2. Успехов он достиг благодаря двум своим талантам – трудолюбию и умению расставлять приоритеты. Он на практике реализовывал главную заповедь счастливых «Будь впереди других, хотя бы на шаг».

СТРЕКАЛОВСКИЙ Виктор Николаевич (1932–2017) – кандидат технических наук, заведующий лабораторией физико-химических методов анализа Института высокотемпературной электрохимии УрО РАН (ИВТЭ УрО РАН), научный руководитель и инициатор создания центра коллективного пользования «Состав вещества» при ИВТЭ УрО РАН.

Ученый выполнил цикл исследований по высокотемпературной рентгеновской дифрактометрии при синтезе оксидов со структурным типом флюорита, которые сегодня широко используются в качестве высокотемпературных кислород-проводящих твердых электролитов.



Он внедрил в практику работы Института высокотемпературной электрохимии УрО РАН такие инструментальные методы, как атомно-абсорбционная и плазменно-эмиссионная спектроскопия, рентгеноспектральный микроанализ и растровая электронная микроскопия,

спектроскопия комбинационного рассеяния света (в макро- и микровариантах), рентгеноэлектронная и Оже-спектроскопия.

В качестве ученого секретаря Совета по научному оборудованию при Президиуме УрО РАН В.Н.Стрекаловский многое сделал для научно-технического оснащения уральских академических институтов. Он был инициатором создания и первым исполнительным директором ассоциации «Ураланалит».

С участием Виктора Николаевича были получены новые результаты по изучению координационных соединений на основе хлоридов щелочных и щелочноземельных элементов и многих других металлов, а также процессов «упорядочение-разупорядочение» в оксидах со структурным типом флюорита при температурах до 1000 °С.

В.Н.Стрекаловский – автор более 300 научных публикаций, в том числе двух монографий, 10 авторских свидетельств и патентов. Он награжден медалью к ордену «За заслуги перед Отечеством» 2-й степени.

Большое место в жизни Виктора Николаевича занимали шахматы, которыми он увлекся еще в юности. Первый разряд получил в 15 лет, в 1949 г. стал чемпионом РСФСР среди юношей, а в 1950 г. – чемпионом СССР в составе команды РСФСР, за что ему было присвоено звание кандидата в мастера спорта. Он неоднократно был чемпионом города Свердловска и членом сборной команды области.

К решению самых сложных вопросов Виктор Николаевич всегда подходил нестандартно и творчески, благодаря чему добился впечатляющих успехов как в науке, так и в игре в шахматы.

ОЗЕРЯНАЯ Ирина Николаевна (1922–1994) – кандидат технических наук, заведующая лабораторией коррозии с 1962 по 1988 гг., основоположник изучения коррозии в расплавленных солях и специалист по разработке способов за-

щиты от коррозии в агрессивных высокотемпературных средах в нашей стране и в мире.

Родилась 29 января 1922 г. в г. Ишиме Тюменской области. С 1939 до 1943 г. училась в Уральском Политехническом институте им. С.М.Кирова (г. Свердловск) по специальности «электрохимия», в феврале 1943 г. добровольно вступила в ряды Красной армии и была направлена слушателем в Военную Академию химзащиты им. К.Е.Ворошилова в Москве, которую окончила в 1944 г. В июне 1950 г. после обучения в аспирантуре лаборатории электрохимии Института химии и металлургии УФАН СССР защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. Позднее заведовала кафедрой химии Рижского Краснознаменного Высшего инженерно-авиационного военного Училища им. Ворошилова. С сентября 1960 г. начала работать в институте электрохимии УФАН СССР, заведовала лабораторией коррозии материалов и солевых расплавов Института высокотемпературной электрохимии с июня 1962 по февраль 1987 г., затем работала ведущим научным сотрудником этой лаборатории по октябрь 1989 г. до выхода на заслуженный отдых. В 1988 году в составе коллектива сотрудников института была удостоена Государственной премии СССР.

Усилия возглавляемого И.Н.Озеряной коллектива были направлены на исследования механизма коррозионных процессов в зависимости от природы металлов и деполяризаторов, изучение кинетики процессов коррозии в зависимости от времени, температуры и природы продуктов, изучение феномена высокотемпературной пассивности и изучение условий пассивации металлов и сплавов в солевых расплавах, как одного из основных методов защиты от коррозии в солевых расплавах. Особое внимание уделялось составу, структуре и сцеплению с основой продуктов коррозии, освоение новых методов коррозионных испытаний, изыскание материалов, коррозионноустойчивых в солевых расплавах.

Под руководством Ирины Николаевны проведен цикл исследований по изучению стойкости металлических материалов в условиях работы высокотемпературного топливного элемента,



выполнена серия работ по изучению механизма коррозии конструкционных материалов в расплавленных карбонатах, изысканию коррозионно-стойких материалов для топливных элементов. Были проведены исследования коррозионной стойкости ряда металлов, их сплавов и некоторых керметов в условиях работы анода, катода и конструкционных элементов расплав-карбонатного топливного элемента.

Результаты исследований лаборатории под руководством И.Н.Озеряной составили существенный вклад в общую теорию коррозии материалов, а применительно к коррозии в расплавленных солевых электролитах работы сотрудников лаборатории стали классическими. Полученные фундаментальные данные активно цитируются мировой научной общественностью и использованы в многочисленных монографиях, обзорах и справочниках.



РОССОХИН Борис Гаврилович (1922–2005) – кандидат химических наук, Герой Советского Союза, летчик штурмовой авиации, гвардии полковник, основатель и заведующий технологической лабораторией и заместитель директора по научной работе ИВТЭ. Борис Россохин родился

11 октября 1922 года в деревне Нижние Баты Орловского уезда. После окончания школы работал в геодезической партии, в 1940 году был призван в армию, окончил Челябинскую военную авиационную школу механиков и Молотовскую военную авиационную школу пилотов. На фронт Борис Гаврилович попал в 1943 году, был разведчиком и командиром звена в составе 59-го гвардейского штурмового авиаполка 16-й воздушной армии 1-го Балтийского фронта. На счету Бориса Россохина 138 боевых вылетов и разведывательных полетов. Он был неоднократно ранен, а в 1944 году во время разведывательной операции в небе над Белоруссией его самолет был сбит и упал за линией фронта. Получив тяжелые ранения и травму спины, юный летчик смог добраться до своих ползком по вражеской территории. Уже позже, в мирное время Борис Гаврилович рассказал о фильме «Балтийское небо», снятом по одноименной книге Николая Корнеевича Чуковского: исто-

рия о летчике, который был сбит в бою и долгое время пробирался к линии фронта, а после госпиталя вновь вернулся в строй, основана на реальных событиях боевого пути эскадрильи капитана Россохина.

Из-за тяжелых ранений в 1945 году Борис Гаврилович был переведен в транспортную авиацию и работал на Потсдамской конференции. После того как он потерял сознание в воздухе, врачи приняли решение о его комиссовании и признании негодным к военной службе по состоянию здоровья.

За подвиги во время Великой Отечественной войны Борис Гаврилович награжден Звездой Героя Советского Союза, орденом Ленина, двумя орденами Боевого Красного Знамени, орденом Красной Звезды, двумя орденами Великой Отечественной войны 1-й степени, медалями «За освобождение Варшавы», «За взятие Берлина», «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.»

В 1946 году Россохин прибыл в Свердловск и работал сначала инженером, а затем начальником отдела завода № 28 («Пневмомашина»). Позже его назначили директором школы фабрично-заводского обучения № 41. Впрочем, тяга к знаниям заставила Бориса Гавриловича тоже пойти учиться. Он поступил в Уральский политехнический институт на физико-технический факультет и окончил его с отличием. Бориса Гавриловича направили восстанавливать разрушенную войной промышленность Болгарии и Германии. Он работал на заводе по переработке урана, во время инцидента на урановом руднике в ГДР получил тяжелые травмы от взрывной волны и вновь попал в госпиталь.

После восстановления Борис Гаврилович вернулся в Свердловск и в 1960 году поступил на работу в Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения АН СССР, в лабораторию сплавов, которую возглавлял Николай Григорьевич Илющенко. Там он проводил исследования по сплавообразованию бериллия, никеля, циркония и других редкоземельных элементов, а затем перешел в лабораторию расплавленных электролитов. Под руководством Михаила Владимировича Смирнова в 1966 году Россохин защитил кандидатскую диссертацию по взаимодействию титана с его ионами в среде расплавленных хлоридов щелочных, щелочноземельных металлов и магния.

В институте Борис Гаврилович занимал должность ученого секретаря, а в 1969 году был назначен заместителем директора по науке. В 1973 году он организовал новую технологическую лабораторию, призванную обеспечить подготовку научных разработок к промышленному внедре-

нию. В состав лаборатории входила стеклодувная мастерская.

Многие молодые сотрудники этой лаборатории стали кандидатами и докторами наук. Евгений Сергеевич Филатов, сейчас доктор химических наук, главный научный сотрудник лаборатории расплавленных солей имени М.В.Смирнова, а тогда инженер-конструктор, монтажник установок в новой технологической лаборатории, так описывает Бориса Гавриловича: «Высокий, стройный, подтянутый, на груди Звезда Героя. Как за таким не пойти?»

В те годы в лаборатории зарождались основополагающие направления, в рамках которых институт работает и сейчас. Сотрудники развивали метод высокотемпературной гальванопластики, в частности для получения деталей из молибдена. Так, были изготовлены молибденовые лодочки для очистки урана, разработан способ получения рениевой фольги для радиоэлектроники. Разрабатывали технологию силицирования – получения крепкого жаропрочного материала в расплаве, содержащем кремний и оксид кремния, на молибденовой подложке. Этот материал выдерживает воздействие высоких температур и используется для изготовления форсунок для ракетных двигателей. В лаборатории развивались методы упрочнения деталей из металлов и сплавов с использованием термодиффузионного борирования и алитирования, что было крайне востребовано военной промышленностью, в частности «Уралвагонзаводом».

Борис Гаврилович Россохин успешно возглавлял лабораторию до 1983 года. Он покинул должность заведующего по состоянию здоровья и был назначен начальником штаба гражданской обороны.

В Институте высокотемпературной электрохимии Борис Гаврилович проработал до 1988 года. Военные раны неминуемо напоминали о себе, началась гангрена, которая привела к ампутации обеих ног. Однако этот человек с железной волей продолжал бороться за жизнь, прошел реабилитацию и вернулся домой. Коллеги вспоминали, что двери его дома всегда были открыты, он принимал школьников, студентов из отряда «УПИ-Мезон», ветеранов и сотрудников института.

Борис Гаврилович ушел из жизни в 2005 году, но память о нем, его подвигах и достижениях еще долго будет жить. Имя Героя Советского Союза Б.Г.Россохина носит Военный учебный центр УрФУ.

ЮШИНА Людмила Дмитриевна (1929–2015) – доктор химических наук, известный специалист в области физической химии и электрохимии расплавленных и твердых электролитов, академик РАЕН.

В 1953 г. Людмила Дмитриевна стала аспирантом лаборатории расплавов, которая входила в состав Института химии и металлургии УФАИ, на базе которой 1 января 1958 г. был создан Институт высокотемпературной электрохимии. Здесь она прошла путь от аспиранта до доктора химических наук. После защиты кандидатской



диссертации в числе нескольких ученых Людмила Дмитриевна занялась изысканиями нового класса материалов – суперионных проводников, и в этой области ею был обнаружен ряд неординарных явлений. Впервые было экспериментально зафиксировано явление накопления значительного заряда в объеме смешанного проводника, выполняющего роль электрода, и предложен механизм, объясняющий суть данного явления. На базе этих исследований разработаны конденсаторы нового типа, кулонометры, обладающие аналоговой памятью, электроуправляемые резистивные элементы и малогабаритные химические источники тока.

По материалам исследований Л.Д.Юшиной было опубликовано более 180 работ в отечественных и международных журналах, изданы две монографии, получено 12 авторских свидетельств и патент на изобретения.

Под ее руководством подготовлено 4 кандидата и один доктор наук. За изобретательскую деятельность она награждена почетным знаком «Изобретатель СССР», а президиум РАЕН наградила ее медалью Альфреда Нобеля.

Много внимания Л.Д.Юшина уделяла научно-организационной работе: была членом специализированного совета по защитах диссертаций и членом ученого совета института, экспертом аттестационных комиссий ИВТЭ, членом редколлегии сборника «Труды института».

Людмила Дмитриевна всегда была в гуще общественной жизни института, города, области, за что неоднократно награждена грамотами и дипломами.

Ее работы широко известны в научных кругах и нашли признание не только в России, но и за рубежом. Она была членом Международного общества по ионике твердого тела, действительным членом Нью-Йоркской академии наук, действительным членом Европейской академии естествознания.

Награждена медалями «За доблестный труд», «Ветеран труда», медалью и почетным титулом «Дочь города – дочь России», медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» второй степени, кроме того, удостоена многих международных дипломов и наград.

Она была первым историографом института. Ею написана большая работа по истории института¹.

Людмилу Дмитриевну всегда отличали целеустремленность и настойчивость, преданность работе, чуткое и внимательное отношение к коллегам и друзьям.



СТЕПАНОВ Геннадий Константинович (1918–2010) – профессор, доктор химических наук. Увлёкся химией ещё в школе и по совету учителя в 1937 году поступил в Уральский государственный университет. Однако окончить химический факультет до войны ему не удалось. В 1939 году Степанова по комсомольскому спецпризыву направили в Ленинград, в Военно-морское училище им. Фрунзе. Вскоре началась финская кампания, и его перевели в действующие части береговой охраны в Кронштадт, на остров Котлин. Здесь Геннадий Константинович был механиком, обслуживал двигатель, который даёт энергию прожектору, а также как будущий химик возглавлял химслужбу.

В 1943 году Степанова перевели под Лугу, в зенитный артиллерийский дивизион. Из аэропорта, где он служил, самолеты летали бомбить Берлин.

Геннадий Константинович Степанов награжден орденом Великой Отечественной войны 2-й степени, медалями «За оборону Ленинграда», «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.», юбилейными медалями.

После демобилизации Г.К.Степанов вернулся в Свердловск, окончил Уральский государственный университет, аспирантуру УФАИ. С 1953 по 2009 гг. работал в Институте высокотемпературной электрохимии, заведовал лабораторией химических источников тока и выступал в роли научного советника. Научные труды Г.К.Степанова

направлены на создание топливных элементов с расплавленными карбонатными электролитами, загущенными алюмосиликатным наполнителем. Является автором более 200 научных работ, имеет 35 авторских свидетельств, подготовил 14 кандидатов и 3 доктора наук.

КОМАРОВ Валентин Ефимович

(1925–2011) – доктор химических наук, заведующий лабораторией радиохимии с 1971 по 1992 г. Родился 18 июня 1925 года. В 1952 г. закончил кафедру редких металлов физико-технического факультета УПИ. С 1956 г. – сотрудник лаборатории электрохимии Института химии УФАИ, а с 1958 г. – Института электрохимии УФАИ СССР. В 1963 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Электродные процессы при электролизе хлоридных и фторидно-хлоридных расплавов, содержащих цирконий или гафний». В 1971 г. организовал спецлабораторию № 2 (радиохимии), коллектив которой был призван решать фундаментальные и прикладные проблемы, связанные с созданием неводных пиро- и электрохимических технологий для нужд атомной энергетики, и работал заведующим до 1992 г.

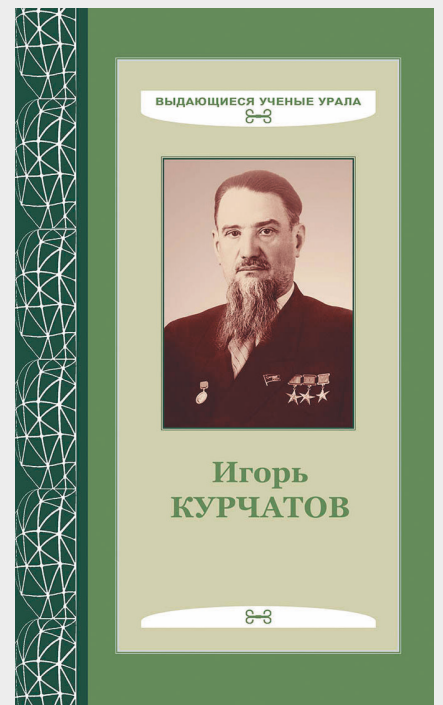
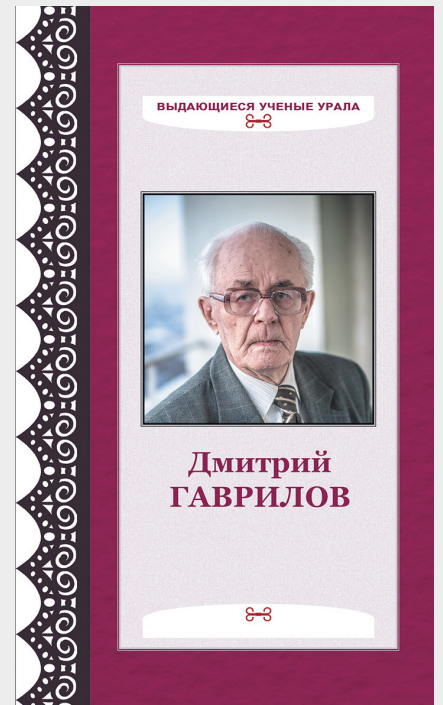
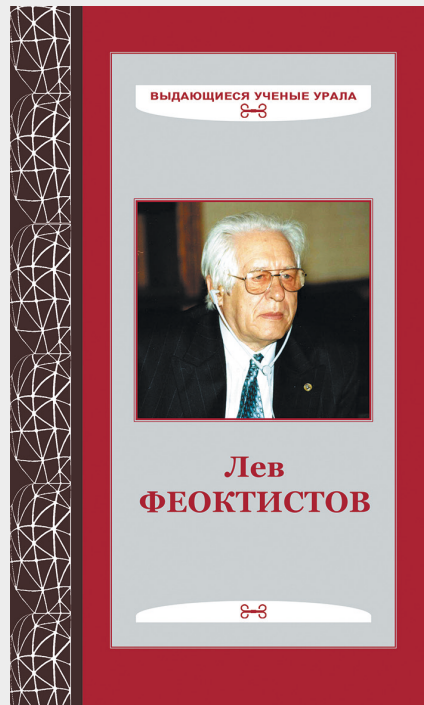
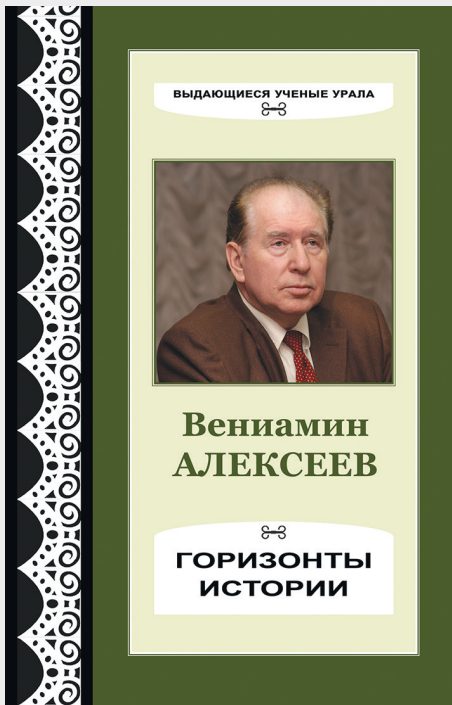


В том же году защитил докторскую диссертацию на тему «Электрохимическое поведение урана и его соединений в галогенидных и оксидных расплавах». В совместных работах с М.В.Смирновым и А.Н.Барабошкиным на примере циркония и гафния было впервые показано, что в расплавленных хлоридах щелочных металлов, находящихся в равновесии с исследуемыми элементами, одновременно в сопоставимых количествах находятся их ионы высшей и низшей степени окисления. Соотношение между ними изменяется с температурой, концентрацией, с величиной радиуса катиона щелочного металла и зависит от природы аниона соли-растворителя. Переход от хлоридных к смешанным хлоридно-фторидным расплавам приводит к стабилизации окисленных форм ионов, к образованию фторидных комплексных группировок и к смещению равновесного электродного потенциала металла в сторону более электроотрицательных значений.

В 2002 г. присвоено ученое звание профессора. Автор 282 научных работ, в том числе 20 авторских свидетельств.



¹Юшина Л.Д. Накануне рождения института ВТ-электрохимии. – Москва: Академия Естествознания, 2010. – 40 с.



**СЕРИЯ «НАЦИОНАЛЬНОЕ ДОСТОЯНИЕ РОССИИ –
ВЫДАЮЩИЕСЯ УЧЕНЫЕ УРАЛА»**

ukbkin@gmail.ru