

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова
Казанского научного центра Российской академии наук

РЕФЕРАТ

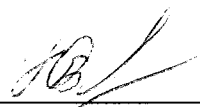
для сдачи кандидатского минимума по дисциплине
«История и философия науки»
по истории химии

на тему: Исторические аспекты развития электрохимии как науки

Исполнитель:


аспирант
Стрекалова Софья Олеговна

Научный руководитель
д.х.н. Будникова Ю.Г.
(уч.степень, звание)


подпись

Эксперт
д.ф.н., проф. Курашов В.И.
(уч.степень, звание)


подпись



Казань 2015

Содержание

	с.
Введение	3
1. Философия и наука как формы научного познания	5
2. Начальный этап становления электрохимии как науки	9
3. Инструментарий для электрохимических исследований	15
4. Современные направления развития электрохимии	20
5. Вклад казанской школы в электрохимию органических соединений	28
Заключение	32
Список использованных источников и литературы	35

Введение

Наука как сфера человеческой деятельности, имеет целью познание мира как единой системы, используя для этого инструментарий для экспериментов и рациональность для обсуждения результатов и принятия управленческих решений.

Внешним инфраструктурным фактором для появления науки стало выделение умственного труда из общей системы разделения труда в самостоятельный вид человеческой деятельности.

Внутренним инфраструктурным фактором для развития науки стал непрерывно накапливаемый практический багаж знаний, для осмысления которых потребовалась наука как отрасль знаний.

В структуре науки различают уровни:

-эмпирический (от гр. *empeira* – опыт), знания получают из чувственного опыта;

-теоретический – фиксирует полученные знания, раскрывает сущность познаваемых объектов и явлений.

В последние годы в науке преобладает интеграция. Например, синтез науки биологии с технологией дает нам биотехнологию, как результат внедрения достижений биологии в производственную сферу, а затем и в сферу потребления. То же самое относится и к электрохимии, как интеграции науки химии и достижений энергетики (электричества). То есть такой синтез рассматривается как возможность полноценного исследования глобальных проблем современности.

Электрохимии как наука занимается изучением явлений, в которых происходит переход химической энергии в электрическую, и наоборот электрической в химическую.

Энергия химическая в отличие от других видов энергии является собирателем природного богатства, поскольку в этой форме существуют огромные запасы: нефть, каменный уголь, дерево, торф и другое топливо.

Переход химической энергии топлива в другие формы энергии (за исключением тепловой) возможен лишь при исключительных, трудно реализуемых условиях.

Электрическая энергия же является наиболее удобной для использования. Она сравнительно легко переходит в другие формы энергии.

В этой связи представляет теоретический и практический интерес переход химической энергии в электрическую, с точки зрения рационального использования богатств природы.

До недавнего времени процесс перехода химической энергии в электрическую был достаточно сложным. Сначала сжигалось топливо, то есть химическая энергия переводилась в тепловую. Далее в паровой машине тепловая энергия переводилась в механическую и, наконец, в динамо-машине механическая энергия переходила в электрическую. При таком сложном процессе терялось до 90% первоначальной химической энергии и, в лучшем случае, около 10% её удавалось перевести в электрическую.

Современным состоянием вопроса получения электрической энергии с меньшими потерями из топлива занимается наука электрохимия.

Таким образом, сегодня электрохимия представляет собой широкое поле деятельности для ученых, будущих изобретений и открытий, а знания теоретической электрохимией позволят искателю избежать заведомо ложных шагов в этой области. Широкие горизонты для исследователей и изобретателей открываются и в области электрохимии, где говорится о переходе электрической энергии в химическую, создавая возможность для производства совершенно новых продуктов, которые ранее производили в небольших количествах в лабораториях, например, производство карбидов, что определяет актуальность исследований в этой области.

1. Философия и наука как формы научного познания

Нельзя отрицать тот факт, что между наукой и философией существуют фундаментальные связи, поскольку они представляют собой сферы рациональной и доказательной деятельности, ориентированной на достижение истины, как «форма согласования мысли с действительностью». Но многие ученые считают, что между ними есть и отличия [7]:

- наука представляет собой фиксированную предметную область, не претендующую на формулировку универсальности бытия. Например, химия изучает химические явления и открывает законы химии, а психология – психологические явления реальности. При этом законы химии косвенно связаны с психической жизнью исследователя-химика, а психология жизни не применяется в сфере химических законов. В отличие от науки, философия стремится открыть законы, приемлемые для всего мира;

- наука, как правило, абстрагируется от вынесения ценностных суждений. Наука ищет истину в самих вещах, отвечая на вопросы «почему?» «как?» и «откуда?», в то время как философия отвечает на вопросы «зачем?» и «для чего?».

Ответ на вопрос «наука ли философия?» зависит от того, как понимать науку и как оценивать саму философию. Взаимосвязь между философией и наукой взаимообусловлена. С некоторой позиции данная взаимосвязь рассматривается неоднозначно: различным философским школам и направлениям она представляется по-разному. Экзистенциалисты, например, занимают антинаучную позицию. Яркий представитель экзистенциализма Хайдеггера, в частности, следующим образом выражает свое отношение: «измерение ценности философии идеей науки есть уже фатальнейшее принижение ее подлиннейшего существа» [24]. Позитивисты же напротив, преклоняются перед наукой, ее нормами и идеалами. Сегодня такая позиция называется также сциентизмом. Можно согласиться, а можно и поспорить с мнением Бердяева относительно его взглядов на философию: «философия ни в

каком смысле не есть наука и ни в каком смысле не должна быть научной».

Может быть, философия и не является наукой, но ее достижения, ориентированы на науку, есть понятие «гносеологические уроки философии», то есть она может быть научной.

Таким образом, можно сказать, что взаимообусловленность философии и науки, заключается в обобщении философией достижений и выводов конкретных наук, при обогащении, расширении и углублении их логико-методологической и социально-аксиологической культуры.

Категория «наука» возникает на основе обыденного знания [28]. Под обыденным знанием понимается бессистемное знание, складывающееся под влиянием неких жизненных обстоятельств, которое формируется стихийно и повседневно, то есть это знание каждого конкретного человека, связанное с его ориентацией в окружение.

Спецификой научного знания является его связь с объективными реальностями, которые нельзя отнести к объектам обыденного опыта. Наука нуждается и в особом инструментарии для проведения научно-исследовательской деятельности и использует специфические способы отображения истинности знания, к числу которых можно отнести получение знаний через экспериментальную деятельность, а также выводимость одних знаний из других.

Таким образом, наука базируется на системном подходе к исследованию объекта, ключевым моментом которого является познавательная деятельность, что делает эксперимент и исследование объективными.

Если рассматривать структурные особенности науки то следует отметить, что наука имеет достаточно объемную структуру, которая естественные, технические и общественные науки, которые в свою очередь подразделяются на ряд видов.

Исторически сложились два подхода в понимании взаимосвязи науки и философии. Согласно первому подходу, названному натурфилософией, философия представляет собой способ познания мира, который отличается

качественно от способа познания, представленного наукой. У философии свои истины, возможно более глубокие, чем истины науки. В свою очередь наука, должным образом приспособливает свои научные выводы к философским истинам. Таким образом, получается, что первичным является философия как способ познания, а наука как способ познания вторична.

Согласно второму подходу, позитивистскому, философия не имеет своего предмета познания и не имеет собственного метода познания, что отличает ее от науки, имеющей свой инструментарий. Таким образом, получается, что философия в лучшем случае представляет собой одну из наук, самую общую науку («наука наук»). То есть, философия может быть понята только как наука в среде других наук. А собственно философские истины состоят в предельно широком уровне обобщения, а не в ее методе или предмете познания. Таким образом, философский как способ познания есть не что иное, как научный способ познания. Резюме: не существует иного способа познания, кроме научного.

Однако оба подхода не однозначны. Не следует рассматривать взаимосвязь философии и науки только с натурфилософской и позитивистской позиции, так как грань между ними более тонкая. Философия представляет собой особую форму общественного сознания, самостоятельный компонент духовной культуры. То есть философия есть философия, а наука есть наука. Философия тесно связана с наукой, но не сливается к ней целиком.

Было бы не совсем верно разделять философию и науку и противопоставлять философское познание научному познанию, если рассматривать философию как форму общественного сознания. Философии, как и науке, свойственна познавательная функция, хоть сущность познания воплощается, прежде всего, в науке. Философия весьма схожа с наукой в плане рационального обоснования знания, доказательства формулируемых положений. На этой почве философия и наука взаимодействуют теснейшим образом. Достижения общественного сознания обогащают философию содержанием, которое отсутствует в науке, что позволяет вырабатывать

методологические и мировоззренческие ориентиры научного познания [16].

Общие направления познания наука заимствует у философии. Примером может служить, например, зарождение классического естествознания в XVII в. Происхождение классического естествознания связано с достижением материалистической философии в разработке метафизического метода познания природы.

Такая же связь имеет место в настоящее время в условиях современной научно-технической революции. Однако характер этой связи стал более сложным, многогранным. В системе сознания образовались новые структуры, обеспечивающие взаимосвязь науки и философии. К таким структурам относятся научная картина мира, стиль мышления, идеалы познания и мировоззренческие ориентиры, методологические установки познания и др.

Качественное отличие философии и науки заключается в отношении к ценностным сторонам духовного освоения мира. В то время как наука старается вынести ценностное отношение за рамки теорий, понятий, концепций, философия же, напротив, опираясь на достижения науки, обобщает их и интегрирует с ценностным, эстетическим и нравственным отношением к миру. Таким образом, философия придает достижениям науки ценностный, личностный смысл, рассматривая их с позиций идеалов и интересов человека. Философия «достраивает» науку до человека [13].

Естествознание связано с философией как отрасль науки, хотя эта связь двоякая. Согласно одной стороны, естествознание с философией разрабатывают научную картину мира, вырабатывают стиль мышления и пр. Согласно другой стороне, философия содействует разработке методологии естественнонаучного познания, мировоззренческих ориентиров и идеалов естествознания.

Важно учесть исторический характер взаимосвязи философии и естествознания. Так, например, взаимосвязь философии и науки в античности отличается от эпохи Средневековья, или эпохи Нового времени, и тем более от той, какая она в настоящее время, эпохи НТР.

В основе научного познания лежит ряд принципов [9]:

- объективности (научное познание существует независимо от человека, его сознания, интеллекта, внешнего мира и возможности его познания);
- причинности (все в мире взаимосвязано причинной связью);
- рациональности (научное утверждение принимается научным сообществом только в случае его доказательности);
- теоретичности (наука есть совокупность сложных, замкнутых, логически завершенных теоретических конструкций);
- системности (любое явление представляет собой совокупность связанных элементов);
- критичности (любое научное положение должно быть экспериментально проверено).

Авторитеты в науке как возникают, так и рушатся под воздействием новых неопровержимых доказательств. Остаются авторитеты, обладающие только им присущими гениальными качествами. Наступают новые времена, и уже новые истины вмещают в себя предыдущий опыт.

2. Начальный этап становления электрохимии как науки

Электрохимия как наука берет свое начало в 1800 году, когда появились труды Александра Вольта - итальянского физика, химика и физиолога, изобретателя источника постоянного электрического тока. Однако, существуют различные археологические свидетельства о том, что некоторые формы примитивных батарей, иногда называемых «Багдадскими батареями», были использованы для гальваники в Месопотамии еще приблизительно в 200 году до н.э. Заинтересовавшись опытами Л. Гальвани с «животным» электричеством в 1792 году, Вольта начал их повторять и вскоре пришел к выводу, что причиной появления кратковременного электрического тока в мышцах лягушек является не свойственное им «животное» электричество, как

считал Л. Гальвани, а наличие цепи проводников двух классов - двух разновидностей металлов и жидкости. После длительных экспериментов для усиления эффектов, возникающих при соединении нескольких разнородных проводников, Вольта сконструировал в конце 1799 года первый источник длительного гальванического (электрического) тока - вольтов столб. Первый вольтов столб состоял из 20 пар медных и цинковых кружочков, разделенных суконными кусочками, смоченными соленой водой.

Метаморфоза произошла после установления закономерностей, сделанных Джоном Дэниэлем и Майклом Фарадеем. Именно от этого эксперимента берёт начало электрохимия, которая сегодня является отдельной междисциплинарной отраслью знаний. Построенная на точности физики и науке о свойствах веществ и материалов, она охватывает знания химии, физики, биологии и химической технологии.

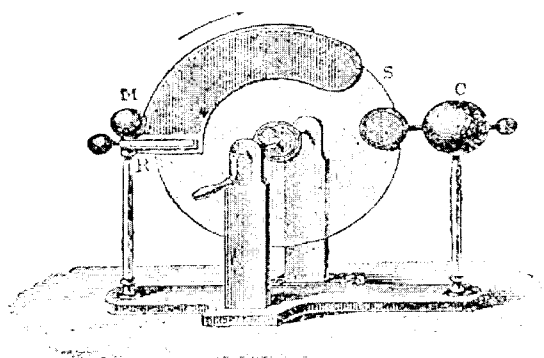
Уникальность электрохимии заключается в том, что применение потенциала или электрического поля может помочь преодолеть кинетические ограничения реакций при низких температурах. Электрохимические процессы могут быть направлены на получение конкретных химических продуктов.

В виду того, что электрохимические реакции оказались чувствительны к электроду, его поверхностным характеристикам, составу электролита появились новые аналитические направления развития электрохимии как науки.

Несмотря на уникальные электрохимические процессы, только в шестнадцатом веке вновь появился интерес к электрохимии, природу электричества начали понимать.

Английский ученый Уильям Гилберт (1544-1603), известный как «отец магнетизма» за работу на магнитах, был одним из первых экспериментаторов с электричеством. Он разработал методы для производства магнитов.

Первый электрический генератор был построен немецким физиком Отто фон Герике (1602-1686) в 1663 году (рисунок 1). К середине 1700-х годов французский химик Чарльз Франсуа де Кистерней дю Фэй (1698-1739)



Электрическая машина с трением

Рисунок 1 - Первый электрический генератор Отто фон Герике

обнаружил два типа статического электричества: одинаковые заряды отталкиваются друг от друга, в то время как разноименные заряды притягиваются. Кроме того, он предположил, что электричество состоит из двух жидких компонентов: стекловидного (от лат. «vitrum» - стекло) или положительного электричества, и смолистого или отрицательного электричества.

Исследования, связанные с добычей электричества из грозовых облаков и разрядов молний, не всегда заканчивались удачно. Так, например, повезло Бенджамину Франклину, который, экспериментируя с атмосферным и искусственным электричеством, подвергся воздействию высокого напряжения электрического тока, но остался жив, а также достиг в этом деле значительных успехов. Франклину удалось объяснить принцип действия лейденской банки. Он установил, что главную роль в ней играет диэлектрик, разделяющий проводящие обкладки. Франклин ввёл привычное в настоящее время обозначения электрически заряженных состояний как «+» и «-», разработал общую «унитарную» теорию электрических явлений, исходящую из предположения о существовании единой электрической субстанции, недостаток или избыток которой обуславливает знак заряда тела.

Большой заслугой Франклина является установление тождества атмосферного и получаемого с помощью трения электричества и

доказательство электрической природы молнии. Обнаружив в ходе своих научных экспериментов, что металлические острия, соединённые с землёй, снимают электрические заряды с заряженных тел даже без соприкосновения с ними, Франклин Бенджамин предложил эффективный метод защиты от грозового разряда – молниесотвод.

Франклин был не только учёным, он известен также как политик. Он принимал участие в разработке Декларации независимости, также при его участии были заключены Американо-французский договор о союзе 1778 года и Версальский мирный договор 1783 года, по которому Великобритания признала независимость США. В 1785 году Франклин был избран президентом Законодательного собрания штата Пенсильвания, участвовал в работе Конституционного конвента по выработке Конституции США 1787 года. На его могиле написано: «Он молнию отнял у неба и власть у тиранов...» [29]

Первым источником искусственного электричества, который стал доступен человеку, были электрофорные машины. Принцип их действия был основан на электризации стеклянных дисков и накоплении электрического заряда в примитивных конденсаторах – «Лейденских банках». Электрофорные машины давали очень высокое напряжение и позволяли получать эффектные и оглушительные разряды. Эти опыты привлекали всеобщее внимание, и у многих исследователей того времени возникло желание испытать воздействие электричества на вещества. К сожалению, заряд, накапливаемый в «лейденских банках» был очень мал и для проведения электрохимических реакций электрофорные машины мало подходили. Например, Пирсону, проводившему опыты с разложением воды электрическими разрядами, потребовалось 14600 раз разряжать лейденскую банку для получения 1/3 кубического фута газов (10 литров) [23]. Следует отметить, что даже методически эти опыты не пропали даром, конструкции лейденских банок и собираемых из них батарей были очень похожи на появившиеся вскоре гальванические элементы и батареи [17]. Наиболее значимыми работами в области электричества стали опыты Луиджи Гальвани с препарированной лягушкой, проведённые им впервые в

1780 году. После опубликования в 1791 году они стали известны всем, но сам Гальвани, хотя и наблюдал действие электрического тока и даже отметил в своих наблюдениях разнородность металлов, соприкасавшихся с лапками лягушки, трактовал эти наблюдения неправильно. Он приписал судорожные подёргивания несчастного земноводного не возникновению электрического тока в образующемся гальваническом элементе, а некому «животному» электричеству. Впрочем, Гальвани был врачом и анатомом, а не химиком или физиком [27].

Тем не менее, имя Гальвани увековечило множеством терминов дошедших до наших дней: «гальваника», «гальванический элемент», «гальванометр», «гальванизация трупов» и т.д. (словарь Брокгауза и Ефрона + БСЭ предлагают 36 слов).

Эксперименты Гальвани могли остаться неизвестными, если бы не привлекли внимания Александр Вольта, который был физиком. Многократно повторяя опыты Гальвани, он, наконец, понял, что мёртвая лягушка - это не источник электричества, а лишь чувствительный индикатор тока.

Сначала Вольта согласился с выводами Гальвани. Однако уже в 1794 г. в трех письмах к профессору Вассали, опубликованных в «Физико-медицинском журнале», Вольта выступает противником мировоззрений Гальвани. Дело вовсе не в животном электричестве, писал он, а в том, что подергивания лягушки возникли от прохождения через нее электрического флюида, возникшего «вследствие прикосновения металлов». Именно Вольта, говоря о «постоянном круговороте электрического флюида», открыл явление электрического тока. 20 марта 1800 г. в письме на имя президента английского «Королевского общества» Вольта описал два вида изобретенного им нового источника электрического тока. Первый, названный впоследствии «вольтовым столбом», состоял из нескольких дюжин дисков диаметром в один дюйм из меди (или серебра) и цинка (или олова), сложенных попарно, а между каждой парой были проложены диски несколько меньшего диаметра из картона, пропитанного подкисленной водой. Мощность (т.е. сила удара) этого источника тока зависела

от количества пар металлов, составлявших его.

Второй вид источника тока, изобретенного Вольта, состоял из цепи (нескольких десятков) чашек, наполненных подкисленной водой и соединенных между собой металлическими дугами, составленными из двух металлов (например, серебра и цинка), спаянными выше места погружения в жидкость.

Президент общества Бэнкс задержал опубликование изобретения Вольта, ознакомил с ним английских исследователей Никольсона, Карлейля и Крукшенка, которые быстро построили «столбы», сделали с ними опыты разложения воды и опыты выделения свинца и серебра из растворов. Лишь после этого изобретение Вольта было опубликовано в «Philosophical Transactions». Вольта считал, что электричество возникает на границе контакта двух металлов без их разрушения, и предполагал, что он открыл «перпетуум мобиле», он не обратил внимания на то, что цинк разрушается в месте соприкосновения с мокром картоном, и считал образование белого налета побочным явлением. По силе электрического действия Вольта установил так называемый ряд напряжений металлов: Zn, Sn, Pb, Fe, бронза, Cu, Pt, Au, Ag, Hg. [23] Батарея из металлических кружков и мокрых картонок стала называться «Вольтов столб», а ряд напряжений, конечно в уточненной форме, занял достойное место над классной доской в каждом кабинете химии. В то время когда совершали свои опыты и открытия Гальвани и Вольта, практически ещё не существовало науки электрохимии, которая сформировалась значительно позже как раздел физической химии.

Интересно, что эксперименты Гальвани в Болонском университете по физиологическому действию электричества ставились не только на живых лягушках, но и на лягушачьих лапках, которые были отделены от тела. Он показал, что сокращение мышц у лягушек и других животных может быть вызвано электрическим током от лейденской банки или вращающегося генератора статического электричества. Подергивания ног лягушки отмечены как экспериментальные явления, которое стало известно как биоэлетрогенезис.

Эксперименты Гальвани не только помогли заложить основу для биологического исследования нейрофизиологии, но и привели к концептуальным изменениям, признав нервы электрическими проводниками, а не просто водопроводными трубами, как это отмечалось в школе Декарта. Название Гальвани стал ассоциироваться с гальванопластикой (техника управляющей электрическим током, хотя другой термин, фарадизм, был также использован для техники).

3. Инструментарий для электрохимических исследований

Важнейшим этапом превращения электрохимии в науку было создание источников электрического тока, предназначенных для длительных и воспроизводимых опытов с электричеством. Научившись объединять гальванические элементы в батареи, исследователи, наконец, получили источники стабильного и значительного по величине тока.

В начале XIX века «вольтов столб» был таким же символом науки как циркуль во времена Архимеда и синхрофазотрон в 60-х годах XX века.

В России, одно время, был самый мощный «вольтов столб». Его построил русский ученый академик Петров Василий В. в 1802 году, он состоял из 4200 пар медных и цинковых кружков и дал возможность открыть электрическую дугу, которая послужила в будущем источником энергии для электротермических процессов. Дугу, конечно, назвали Вольтовой. Кроме того, Петров в течение 40 лет производил изыскания в области электролиза и провел важные исследования по электролитическому разложению воды и других жидкостей. Он же впервые получил ряд металлов при электролизе их окислов: свинец, олово, ртуть и др. Книга Василий Петрова «Известия о гальвани-вольтовских опытах» в первые была издана в 1803 году, а в 1936 году переиздана с соблюдением орфографии и стиля [9].

Еще одним инструментарием в области электрохимических исследований стали эксперименты Деви, который в первые годы XIX века исследовал

влияние электрического тока на различные вещества, располагая мощной по тому времени батареей. Подвергая действию тока водные растворы (термин электролиз ещё не существовало), Деви всегда получал только водород и кислород и, вероятно, ему стало ясно, что пока в исследуемом веществе присутствует вода, ничего другого не получится. Но твёрдые вещества не проводили тока. Деви пришла в голову гениальная мысль: не имея ни малейшего представления о теории растворов и расплавов, так как такой теории ещё не было, он подверг действию тока расплавы соединений щелочных металлов. Вот как сам Деви описывает свой опыт получения калия в своей Bakerian Lecture - Бакеровской ежегодной лекции, прочитанной 20 ноября 1807 года: «Маленький кусочек кали, который в течение нескольких секунд был выставлен на воздух, так что его поверхность сделалась проводящей, был помещен на изолированный платиновый диск, соединенный с отрицательным полюсом интенсивно действовавшей батареи в 250 пластин с поверхностью в 6 дюймов и в 4 дюйма; в то же время платиновая проволока, соединенная с положительным полюсом, была приведена в соприкосновение с верхней поверхностью щелочи. Весь прибор находился на открытом воздухе. При этих условиях вскоре обнаружилось энергичное действие. Кали начал плавиться у обеих точек электризации, причем у верхней поверхности наблюдалось энергичное выделение газа, у нижней - отрицательной поверхности - газ не выделялся. Вместо этого появлялись маленькие шарики с сильным металлическим блеском, внешне ничем не отличавшиеся от ртути. Некоторые из них сейчас же после своего образования сгорали с взрывом и с появлением яркого пламени, другие не сгорали, а только тускнели, и поверхность их покрывалась, в конце концов, белой пленкой. Многочисленные опыты вскоре показали, что эти шарики состоят из того вещества, которое я искал и которое является легко воспламеняющимся основанием кали». [12]

Вскоре открытия посыпались как из рога изобилия. В течение 1807 и 1808 годов Деви с помощью электролиза открыл пять металлов: калий, натрий, кальций, барий и стронций.

Он не только открыл эти элементы, но и детально их исследовал. Хлор открыли ещё до опытов Дэви и без помощи электролиза, но заслуга Дэви в том, что он в 1807 году выделил его электролитически из раствора соляной кислоты и доказал его элементарный характер.

Доказательство того, что соляная кислота разлагается на хлор и водород и совсем не содержит кислорода, было важным шагом в понимании теории кислот, которые ранее всегда связывали с наличием кислорода в их составе. Дэви и в дальнейшем продолжал опыты с электрохимическими процессами, выделив в 1818 году металлический литий. Ещё одной важной его заслугой было открытие таланта его ученика Майкла Фарадея. Еще Дэви изобрёл лампу для рудокопов, предложил использовать минеральные удобрения и подобно нашему Ломоносову писал стихи.[12]

Замечательной личностью в истории прикладной электрохимии является академик Б.С.Якоби. Именно благодаря его трудам появились такие направления прикладной электрохимии, как гальванопластика и гальваностегия, которые, развиваясь с тех пор, стали лицом прикладной электрохимии, знакомым каждому даже далёкому от науки человеку.

Работая над увлекавшими его в то время проблемами создания электродвигателя, Якоби в 1837 году занялся усовершенствованием существовавших в то время гальванических элементов, в частности медно-цинкового элемента. И здесь произошло то, что не могло случиться, если бы Якоби был образцовым исследователем, нацеленным на достижение узкой конкретной цели, а именно таким он и должен был быть, будучи немцем по рождению (Мориц-Герман Якоби стал Борисом Семёновичем уже в России). А случилось следующее: Якоби заметил, что осадок меди, который образовывался на медной пластинке в одном из многочисленных вариантов гальванического элемента, не только образует плотный компактный лист металла, но и с величайшей точностью повторяет на своей поверхности все неровности медной пластинки.

Не прекращая своих опытов с элементами и двигателями, Якоби начинает

изучение нового явления и уже в следующем году демонстрирует в Академии наук образцы медных изделий, полученных новым способом, который был назван гальванопластикой. В 1839 году он удостоивается Демидовской премии и в 1840 году публикует свой труд «Гальванопластика или способ по данным образцам производить медные изделия из медных растворов с помощью гальванизма» на русском и немецком языках.

Новое открытие моментально распространяется по всему миру, тем более что Якоби не пытался никак защитить свой приоритет. Начинаются споры о первенстве в этом направлении промышленности, иногда приобретающие характер скандалов с участием многих претендентов. Были неприятности и с авторами оригиналов, с которых Б.С. Якоби делал копии гальваническим путём. Но, так или иначе, гальванопластика стала достоянием человечества. [9]

Русский не научный журнал «Сын отечества» в 1840 году написал: «Гальванопластика - знаменитое открытие нашего соотечественника г-на Якоби сделало во Франции такие успехи, что там отливают этим способом всё, даже слонов (для площади Бастилии), за что мастер требует с городского Парижского совета только 200000 франков, тогда как отлитие одного слона обыкновенным образом стоит не менее 600000 франков».

Первые опыты по гальванопластике Якоби проводил в приборах напоминающих тот самый элемент, в котором явление было открыто. Но в дальнейшем им были разработаны такие элементы технологии как растворимые и нерастворимые аноды, «скважистые» то есть пористые перегородки для разделения катодного и анодного пространства, и наконец, питание от отдельного источника тока.

Если первые устройства, придуманные Якоби, с современной точки зрения сложны и громоздки, то спустя несколько лет министерство финансов заинтересовалось развитием в России гальванопластических производств, и так как гальванопластику относили к искусствам, то в 1842 году выступило инициатором создания в Петербурге «Рисовальной школы» с гальванопластическим классом (рисунок 2).

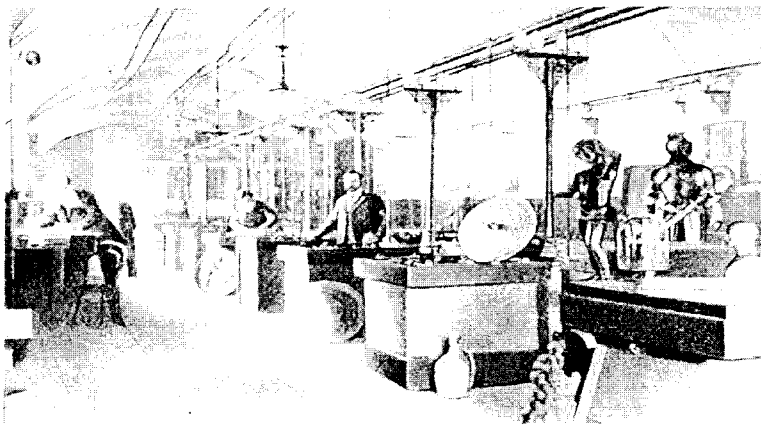


Рисунок 2 – Гальванопластическая мастерская (конец XIX века)

Возможно, такое внимание министерства финансов связано с тем, что одним из первых применений гальванопластики было производство клише для печатания денег, которое было основано в Санкт-Петербурге в «Заведении Заготовки Государственных Бумаг» и просуществовало долгие годы, изготавливая не только клише, но и многие другие вещи.

В 1844 году в области гальванопластики произошло важное событие: герцогом Лихтенбергским при участии академика Якоби была основана бронзовая фабрика, вошедшая в историю как «Санкт-Петербургское гальванопластическое и художественной бронзы заведение».

Вначале была маленькая лаборатория в помещениях Зимнего дворца, а потом большое, по меркам того времени, производство, прославившееся в частности изготовлением гальванопластических скульптур для Исаакиевского собора в Петербурге, и храма Христа Спасителя в Москве.

Кроме того, в Санкт-Петербурге и Кронштадте существовало еще несколько подобных производств, имелись они и в других городах России - Н. Новгород, Харькове и др.

Тот факт, что созданная за несколько лет до того технология так быстро распространилась по всей стране, свидетельствует о том, что представление о России XIX века, как об убогой, неграмотной стране не вполне соответствует истине. [2]

4.Современные направления развития электрохимии

Биоэлектрохимия как современное направление развития электрохимии, зародилась в Берлинском университете у Джулиуса Бернштейна (1839-1917), который показал, что действие электрического потенциала в нервах есть результат изменения ионных свойств мембраны нерва. Бернштейн Д. предложил свои гипотезы по поводу мембраны, первая была высказана им в 1902 году, а вторая в 1912 году. Теория Бернштейна основана на работах Гельмгольца и Дюбуа-Реймона (1818-1896), так называемых «отцов экспериментальной электрофизиологии». Работа Бернштейна по распространению нервных импульсов и транс-мембранного потенциала вызвала большой интерес к биоэлектричеству и в частности к теории нервных действий.

Роберт Эндрюс Милликен (1868-1953) в 1910 году на основании поставленного им опыта рассчитал массу и заряд электрона. Оказалось, что электрон обладает ничтожно малой массой, в 1837 раз меньшей, чем масса наиболее легкого атома водорода, и равной 10^{-31} кг. В следующем году Фредерик Джордж Донан (1870-1956) создал условия для равновесия между растворами электролитов, разделенных полупроницаемой мембраной.

В 1922 году, город Прага превратился в «Мекку электрохимии». 10 февраля Ярослав Гейровский (1890-1967), которого иногда называют «отцом электроаналитической химии», записал кривую напряжения для раствора гидроксида натрия с использованием ртутного капельного электрода и приписал скачок тока между -1,9 и -2,0 осаждению ионов натрия на ртути. Это ознаменовало начало полярографии, которая пустила корни в его ранних работах с Ф.Д. Донаном по потенциалам на алюминиевых электродах, после жидких электродов, которые обеспечивали непрерывно возобновляемую поверхность электрода. Позже, он вместе с Масузо Шиката (1895-1964) создали первый записываемый полярограф. В 1959 году Гейровский был удостоен Нобелевской премии за его плодотворную работу и создание метода

полярографии. Полярография дала возможность сделать рывок в росте теории электрохимических реакций и массопереноса в растворах электролитов и заложила основы всех вольтамперометрических методов, используемых в электроанализе. В 1929 году Гейровский вместе с Эмилем Воточеком из Пражского технического университета, основал журнал Чехословацкий сборник химических соединений. Словацкий физик-химик и математик Дионис Илькович (1907-1980), будучи младшим научным сотрудником у Гейровского, был одним из соучредителей полярографии. Основное уравнение полярографии носит его имя.[28]

В 1923 году Йоханнес Николаус Бренстед (1879-1947) в Дании и Томас Мартин Лаури (1874-1936) в Англии предложили, независимо друг от друга, теорию кислот и оснований. По их словам, кислоты – соединения с тенденцией отдавать протоны (или ионы водорода), в то время как основание их принимает. В том же году голландско-американский физик Петрус Иосиф Вильгельмус Дебай (1884-1966) и немецкий физик и физико-химик Эрих Арманд Артур Джозеф Хюккель (1896-1980) создали основную теорию о поведении сильных растворов электролитов. По их словам растворы электролитов отклоняются от идеального поведения за счет ион-ионного взаимодействия. Они предположили, что ионы в растворах образуют экранирующий эффект под действием напряженности электрического поля отдельных ионов, которые привели к длине Дебая. Хюккель также известен правилом Хюккеля и методом Хюккеля приближенных расчетов молекулярной орбитали. [5]

Дебай в 1936 году получил Нобелевскую премию по химии за вклад в молекулярную структуру, установление отношения дипольного момента и дифракции рентгеновских лучей и электронов в газах. В 1916 году он показал, что исследования рентгеновской дифракции может быть осуществлено и на порошковых образцах, так как не всегда получается вырастить хорошие монокристаллы. Этот метод стал известен как дифракционный метод Дебая-Шерера X-лучей. Вклад и доля участия Дебая отражена во многих концепциях, которые носят его имя: метод рентгеновской дифракции Дебая-Шерера, теория

Дебая-Хюккеля, теория теплоемкости Дебая, эффект Дебая-Сирса в прозрачных жидкостях, Дебаевское экранирование, температура Дебая, частота Дебая, и теория волновой механики Дебая. Его имя увековечено в величине дипольного момента - Дебая.

Примерно в это же время, Александр Наумович Фрумкин (1895-1976), известный в народе как «отец электрохимии в России», сделал важный вклад в знания об основах электродных реакций, в частности, влияние электролита на скорость переноса электрона через него. На основании его исследований по адсорбции органических соединений на ртути, Фрумкин предложил изотермы адсорбции, которая стали известны как изотермы Фрумкина. Он также ввел понятие потенциала нулевого заряда. Он выступал вместе с Вениамином Григорьевичем Левичем (1917-1987) и физиком-теоретиком Львом Давидовичем Ландау (1908-1968), решая проблемы, касающиеся его экспериментальных результатов с теорией.

С изобретением, так называемой батареи Драмм, электрохимия получила новый импульс в своем развитии. Никелево-цинковая щелочная батарея, изобретённая Джаймом Дж. Драммом (1897-1974) стала популярной в пригороде Ирландии. В 1932 году Фрэнсис Бэкон Томас (1904-1992) использовал щелочной электролит и недорогой никелевый электрод в топливных элементах. В 1959 году, он же продемонстрировал практическую значимость топлива в ячейки дающей пять киловатт энергии.

В 1932 года была опубликована статья об электрохимическом окислении металлов Томасом Перси Хором (1907-1978) и Уликом Ричардсоном Эвансом (1889-1980). Эванс записан в Биографических Мемуарах членов Королевского общества, как «отец современной науки о коррозии и защиты металлов», который заложил основы электрохимического характера коррозии. Его книга 1937 года издания «Коррозия металлов, пассивность и защита» является одной из наиболее полных и глубоких монографий в этой области. В 1933 году в книге по кислородным электродам Хор показал, как равновесный потенциал может быть определен из уравнения Тафеля. Хор был первым лауреатом

премии Эванса (1976) Научного института о коррозии и техники. Герберт Х. Улиг (1907-1993) также внёс свой вклад в науку о коррозии. Его справочник, о коррозии опубликованный в 1948 году по-прежнему служит современным поколениям учёных и инженеров, даже через полвека после его опубликования.

Карла Вагнера (1901-1977) также помнят как «отца химии твердого тела» за новаторскую работу в различных областях, в том числе каталитических реакций, фотохимии, топливных элементов, полупроводников и т.д. Вагнер сформулировал в 1943 году механизм ионной проводимости в легированном цирконии, который лег в основу изучения поля твердого тела. Его вклад в развитие коррозии имеет основополагающее значение для нашего понимания диффузионно-ограниченного роста на поверхности металлов при высоких температурах, а также других разнообразных аспектов, таких как действие на местном уровне клетки, пассивности, окисления сплава, и катодной защиты. Также его вклад в науку включает создание метода кулонометрии и теоретических и экспериментальных аспектов смешанной ионной и электронной проводимости.[5]

В 1937 году Арне Вильгельм Каурии Тайселиус (1902-1971) написал еще одну страницу в истории электрохимии с его работой на подвижной границе, которая позднее стала называться «Электрофорез». Он получил в 1948 году Нобелевскую премию за работу по разделению белков и аминокислот при помощи электрофореза. В 1938 году американский инженер Хендрик Уэйд Бодэ (1905-1982) отразил это явление и в электрохимии через названное в его честь уравнение, широко используемое в электрохимическом анализе.

В 1938 году бельгийский электрохимик Марсель Пурбокс (1904-1998) построил свою знаменитую потенциал-pH диаграмму, называемая также «диаграмма Пурбокса». Его работа лежит в основе многих аспектов науки о коррозии, создания электрохимической переработки, аккумуляторов, электроосаждения и электрокатализа. В 1952 году он основал Электрохимический Международный союз по прикладной химии, который заложил правила, регулирующие знаки электродных потенциалов.

Многое из теории по циклической вольтамперометрии и спектроскопии электрохимического сопротивления основано на работах английского электрохимика Джона Эдвард Бро Рэндлса (1912-1998). В 1947 году электронно-лучевой полярограф (осциллограф) дал возможность реализации метода линейной вольтамперометрии, основанного на измерении пикового тока, через знаменитое уравнение Рэндлса-Шевчика. В том же году Рэндлс опубликовал анализ сопротивления цепи, создающейся за счёт диффузии и межфазного переноса электрона. Этот метод позволил изучать электродные реакции. У Рэндлса было не много публикаций, но его работы дают замечательное понимание механизма электрохимических процессов. Схема, используемая в анализе, известна как эквивалентная схема Рэндлса, но по справедливости должна быть названа цепью Рэндлса-Эршлера. Эршлер опубликовал аналогичные результаты в Советском Союзе в 1940 году, которые, однако, не были доступны на Западе из-за второй мировой войны.[30]

Британский инженер Томас Фрэнсис Бэкон во время стажировки в энергетической компании C. A. Parsons & Co., Ltd. в Ньюкасл-апон-Тайн, стал первым разрабатывать водородные топливные элементы и предложил их использовать на подводных лодках. В отличие от батареи Гроува, которая использовала электролиты кислот и твердых электродов, топливные элементы Бэкона были более коррозионно-устойчивые к основному электролиту и использовали пористые электроды под давлением газа. Первое практическое применение этой технологии было осуществлено в миссии Apollo, которая основывалась на топливных элементах «за власть в небе», давая отопление и питьевую воду (продукт электрохимической реакции). Следует отметить, что Бэкон был награжден первой медалью Гроува в 1991 году.

В это время внимание обсуждение энергетики и ионного транспорта находится в центре внимания. В одном из первых подходов к описанию водных растворов, К. Фриденталь в 1904 году предложил использовать концентрацию ионов водорода. В дальнейшем, эта концепция получила название pH раствора. Фриденталь также обнаружил, что произведение концентраций ионов водорода

и гидроксильных ионов в водных растворах всегда одно и то же. Следует отметить, однако, что понятие рН было введено позже, а именно через пять лет датским химиком Сореном Соренсен Педер Лаурицем (1868-1939).

Если энергетика электрохимических систем доминировала в первой половине двадцатого века, кинетика электрохимических реакций была признана в качестве важной отрасли теоретической электрохимии во второй половине. Отсчёт исследований кинетики начинается с английского физико-химика Джона Альфред Валентина Батлера (1899-1977). Он вместе с немецким химиком Максом Фольмером (1885-1965) и венгерским физико-химиком Тибором Эрдей-Грузом (1902-1976) заложили феноменологическую основу теории электрохимической кинетики. Уравнение Батлер-Фольмера вносит важный вклад в теоретическую электрохимию. В 1951 году Батлер вместе с Р. Герни создали уравнение энергии для электрохимических расчетов. Вклад в кинетику также внесён благодаря работе немецкого электрохимика Клаус-Юргена Феттера (1916-1974), который новаторски интерпретировал плотности токообмена, порядок электрохимической реакции и потенциала Фладэ.

В конце 1950-х электроаналитические методы достигли своего совершеннолетия. С изучением ртутного капающего электрода новаторская работа по электроаналитической химии польского химика Виктора Кемули (1902-1985) привела к обширным исследованиям в полярографии, электрохимической амальгамы, вольтамперометрии, циклической вольтамперометрии и переноса электрона. Голландско-американский физик и химик-аналитик Исаак Морис Колгофф (1927-1962), известный в народе как «отец аналитической химии» помог трансформировать аналитическую химию в самостоятельную научную дисциплину. Его вклад в электроаналитическую химию связан с развитием кондуктометрического и потенциометрического анализа, полярографического анализа следов металлов, ион-селективных электродов, переноса электрона, реакций осаждения и химии в неводных средах. Его ученики Джеймс Дж. Линган и Герберт А. Лайтинген вошли жирными буквами в страницы истории. Совокупность идей и концепций из

различных областей, таких как энергетика, кинетика, стереохимия, электрохимия, кислотно-щелочные реакции, введенные Колгоффом в аналитическую химию, являются одними из наиболее важных его трудов.[31]

Значимым событием является изобретение потенциостата немецким инженером-физиком Хансом Венкингом. До 1957 года его потенциостаты были использованы в Институте Макса Планка в Геттингене для исследования коррозии. Позже Венкинг вместе с Герхардом начал крупное их производство. Потенциостаты прошли долгий путь, но потенциостат Венкинга остается общим названием торговли и служит электрохимии бесчисленными возможностями измерения коррозии, контролируемого электролиза, и электрохимической пассивации.

Германия внесла свой значительный вклад в рост электрохимии, так, исследования по электрохимии и фотоэлектрохимии на полупроводниковых электродах и электрохимии возбужденных состояний обязаны своим происхождением великому Хайнцу Герихеру (1919-1994). В 1960 и 1961 годах он сделал подробный математический анализ окислительно-восстановительных реакций на металлических и полупроводниковых электродах, в которых показал, что перенос электронов через электролит туннелируется. Обладая большим опытом в области химии и физики, он владел несколькими концепциями, многие из которых только предстояло разгадать, а именно концепция переменного тока модуляции для изучения очень быстрых электрохимических реакций, поверхностной электрохимии и низкой дифракции медленных электронов (его помощник Герхард Эртль получил в 2007 Нобелевскую премию по химии в ультра-высоком вакууме). Его работа по кинетике на поверхности электрода интерпретирует множество механизмов электродных процессов.

Научные исследования в недавно ставшей независимой Индии в 1950-х годах считалось больше странной деятельностью, чем профессией. Но это не остановило индийского электрохимика Кадарундалиджа Ситараму Гурураджа Досса (1906-1989) в изучении эффектов адсорбции и кинетики электродов. Он

также представил методы тензиометрии (независимо от Брейера), которая теперь называется ректификация фарадея, и редокс-кинетический эффект. Влияние этих методов в адсорбционных исследованиях кинетики быстрых реакций и электроанализа следовых количеств металлов хорошо известно. Один из его знаменитых учеников Саррукаи Кришнамашари Раджараджан (1932-2008) был известен своим единым подходом к моделированию межфазных явлений на макро-, молекулярных и электронных уровнях.

Пожалуй, лучшим примером сотрудничества между студентом и преподавателем в электрохимии является пример Брайана Эванса Конвея (1927-2005) и Джона Омара Бакриса (родился в 1923). Они сыграли важную роль в обеспечении электрохимии в эпоху Второй мировой войны. Конвей работал практически во всех аспектах электрохимии: электрифицированных интерфейсах, сольватации ионов, адсорбции, кинетики электродов, формировании оксидной пленки, электрокатализе, разработке аккумуляторов и электрохимических катализаторов конденсаторов.

Австрийский изобретатель и электрохимик Карл Кордеш (1922) исследователь в области батарей и топливных элементов. Он является изобретателем щелочной батарейки (которые в значительной степени заменили угольно-цинковые сухие фонари) и ряда ключевых технологий (перезаряжаемые щелочной диоксид марганца). В 1960-х годах он стал первым разрабатывать топливо для космической миссии Аполлон.[5]

Квантовая электрохимия берёт свои корни с новаторских исследований грузинского ученого Реваза Догондзе (1931-1985). Он был первым, кто описал процессы переноса как квантово-механические переходы между двумя электронными состояниями. Его исследовательская группа была первой, предложившей квантово-механическую модель переноса протона в полярных растворителях, что привело к разработке квантово-механической теории химических, электрохимических и биохимических процессов в полярных жидкостях. Но создателем теории всё же считают Рудольфа Маркуса (1923), американского химика-теоретика. Он получил Нобелевскую премию по химии

в 1992 году за его теорию переноса электрона в химических системах.

Сегодня электрохимия решает современные проблемы в науке, растет тяга к использованию наноматериалов. Ожидания в этом направлении высоки, поскольку поверхности играют ключевую роль в электрохимических процессах. Электрохимические исследования направлены также и на разработку новых эффективных методов синтеза.

5. Вклад казанской школы в электрохимию органических соединений

В настоящее время насчитывается множество направлений в электрохимии. Поэтому в заключение хотелось бы остановиться на электрохимии органических соединений в Казани (Россия), области науки на стыке электрохимии и органической химии, изучающей превращение органических веществ в растворах под действием электрического тока. Точкой отсчета в истории органической электрохимии в России можно считать публикацию А.М. Бутлерова по электролизу раствора валерьяновой кислоты. Это подчеркивает роль Казани в становлении этой области науки. Среди других ученых, внесших заметный вклад в развитие и становление электрохимии, можно выделить Ю.П. Китаева, Ю.М. Каргина, В.Н. Никулина, их сотрудников и некоторых других.

В конце 50-х годов прошлого века обозначился интерес к изучению превращений органических веществ в растворах с применением полярографии (Ю.П. Китаев с сотрудниками, ИОФХ им. А.Е. Арбузова). Затем интенсивные исследования по электрохимии органических соединений с использованием полярографии и вольтамперометрии на различных электродах стали проводиться в Казанском университете (Ю.М. Каргин с сотрудниками). В те же годы В.Н. Никулин с сотрудниками (КХТИ) изучали превращения органических веществ на электродах-монокристаллах с различными кристаллографическими характеристиками. Аббревиатура ЭХОС (электрохимия органических соединений) принадлежит Ю.М. Каргину, она появилась впервые при

подготовке и проведении совещания в Казани в 1971 году. После этого Казань была признана ведущим центром в области ЭХОС в нашей стране и за рубежом. Аналитические аспекты электрохимии органических соединений развивали В.М. Гороховский, В.И. Гороховская и Г.К. Будников. Развитию ЭХОС в Казани способствовали научные контакты с зарубежными учеными во время стажировок (Ю.П. Китаев, Г.К. Будников, Ю.М. Каргин, Ю.Г. Будникова, В.В. Жуйков), а также общие усилия электрохимиков, химиков и физиков-специалистов в области ЭПР.

Основные достижения казанских исследователей по ЭХОС связаны с выявлением роли отдельных стадий в механизме электродных реакций в различных средах, включая химические реакции, стадии элиминирования, протонирования, каталитические процессы, медиаторные процессы с применением переносчиков электрона. В методах их изучения удачным явилось использование метода ЭПР (А.В. Ильясов, М.К. Кадилов), что позволило обнаружить промежуточное образование частиц радикальной природы.

Объектами исследования в плане ЭХОС являлись многие классы органических соединений, содержащие электрохимически активные группировки (нуклеофильные и электрофильные функциональные группы): альдегиды, кетоны, нитросоединения (прежде всего ароматические). В настоящее время исследования по ЭХОС в Казани в основном проводятся в ИОФХ им. А.Е. Арбузова.

В последние годы в ИОФХ им. А.Е. Арбузова разработаны новые эффективные методы синтеза фосфорорганических соединений в электрокаталитических условиях, развито новое научное направление – изучение процессов электрохимической активации и трансформации элементного фосфора под действием органических и металлоорганических соединений, созданы научные основы высокоэффективной, ресурсосберегающей и экологически безопасной технологии электросинтеза важнейших классов ФОС – триалкил-, триарил-, триамидо- и диалкилфосфатов,

третичных фосфинов и фосфониевых солей из белого фосфора в условиях металлокомплексного катализа, разработаны электрокаталитические процессы с участием переходных металлов, выяснены их закономерности, определены факторы, определяющие реакционную способность катализаторов, созданы новые эффективные методы синтеза разнообразных соединений со связями P-E (E=C, O, N, Si), созданы новые подходы к исследованию механизма раскрытия тетраэдра белого фосфора в условиях металлокомплексного катализа, детектирования интермедиатов и прогнозирования выбора наиболее эффективных реагентов методами электрохимии (Ю.Г. Будникова, Ю.М. Каргин, О.Г. Синяшин).

Работа казанских электрохимиков из ИОФХ «Новые высокоэффективные экологически чистые способы получения фосфорорганических соединений из белого фосфора» была удостоена бронзовой медали и диплома на V Московском международном салоне инноваций и инвестиций 2005 года, серебряной медали и диплома на международном салоне «Архимед-2005», премии республиканского конкурса «Лучшее изобретение года 2005», премии конкурса «50 лучших инновационных идей Республики Татарстан – 2005». Работа «Разработка высокоэффективной технологии галогенирования высших альфа-олефинов» удостоена премии конкурса «50 лучших инновационных идей Республики Татарстан – 2006» и «Идея-1000».

Работа «Направленный синтез и разработка высокоэффективных технологий получения фосфорорганических соединений на основе элементного фосфора» (О.Г. Синяшин, Ю.Г. Будникова, Э.С. Батыева, Б.Е. Иванов) была удостоена Государственной премии Республики Татарстан 2007 года в области науки и техники, в том числе за электрохимические исследования в этой области. Авторами впервые в мире разработан концептуально новый комплексный подход к активации элементного фосфора, основанный на применении каталитических сред и реагентов, а также путем введения белого фосфора в координационную сферу переходного металла с последующим (или предшествующим) электрохимическим переносом электрона. Это открыло

нетрадиционные пути к формированию связи фосфор-углерод, фосфор-азот, фосфор-водород, фосфор-металл, фосфор-кислород и др. и позволило осуществлять прямое введение атома фосфора в разнообразные доступные органические соединения, такие, как спирты, амины, органогалогениды, олефины, и др. В результате оказалось возможным легко, просто и атом-экономно получать ценные, ранее не известные или труднодоступные фосфорорганические продукты, в том числе, фосфины и неорганические кислоты фосфора и их производные, органические производные кислот фосфора, функционализированные фосфорорганические олигомеры и полимеры и др. Продемонстрированы богатые потенциальные возможности интенсивно развиваемого направления электрохимии элементного фосфора и преимущества электрохимических методов синтеза фосфорорганических соединений, получение которых обычными химическими способами или невозможно, или экспериментально сложно, или имеет экологические ограничения. В результате проведенных исследований заложен фундамент для реализации разработанных процессов получения фосфорорганических соединений из элементного фосфора на технологическом уровне.

Интересные работы проводятся в группе Янилкина В.В. по исследованию электрохимических реакций индолизинов на пути создания систем молекулярного распознавания, исследуется термодинамика электродных реакций наноразмерных супрамолекулярных систем на основе каликс[4]аренов и комплексов металлов, электропереключаемое связывание комплексов металлов *p*-сульфонато(тия)каликс[4]аренами, а также связывания ионов металлов бииндолизиновыми гетероциклофанами и их ациклическими аналогами.

Идеи и результаты исследований казанских электрохимиков в области электрохимии и органических и элементоорганических соединений, элементного фосфора являются базой для создания новых крупных направлений, объединяющих работы нескольких групп ученых в различных странах, в первую очередь США, Франции, Германии, Италии.

Список использованных источников и литературы

1. Азимов А. Краткая история химии / А. Азимов. – М.: Центрполиграф, 2002. – 284 с.
2. Алабышев А. Ф. Прикладная электрохимия / Алабышев А. Ф. [и др.] Л.: Изд-во «Химия», 1962.- 536 с.
3. Багоцкий В.С. Основы электрохимии / В.С. Багоцкий. - М.: Химия, 1988. — 400 с.
4. Будников Г.К. Очерки истории электрохимии органических соединений в Казани / Г.К. Будников . - 2003
5. Волков В.А. Выдающиеся химики мира / В.А.Волков, Е.В. Вонский, Г.И.Кузнецова. – М.: ВШ, 1991. –
6. Дикусар А.И. Основы электрохимии и электрохимических технологий / А.И. Дикусар, Ж.И. Бобанова, С.П. Ющенко. - Тирасполь: Издательство университета, 2005. -187 с.
7. Кезин А.В. Наука в зеркале философии. – М., 1990.
8. Курашов В.И. История и философия химии / В.И. Курашов.- М.: КДУ, 2009. - 608 с.
9. Лекторский В.А. Субъект, объект, познание. – М., 1980.
10. Лукьянов П.М. История химических промыслов и химической промышленности России / П.М. Лукьянов. - М.: Наука, 1965 – 222 с.
11. Меншуткин Б.Н. Курс общей химии (неорганической) / Б.Н. Меншуткин. – Л.: Госхимтехиздат, Ленинградское отделение, 1933
12. Могилевский Б. Гемфри Деви / Б. Могилевский / Журнально-газетное объединение, Москва, 1937
13. Ортега-и-Гассет Х. Что такое философия? / Ортега-и-Гассет Х. – М., 1991.
14. Ротинян А.Л. Теоретическая электрохимия / А.Л. Ротинян, К.И.Тихонов, И.А. Шошина. – М.: Химия, 1981

15. Скундин А.М. Полярография: анализ на катоде / А.М. Скундин, М.Л. Езерский // Химия и жизнь. - № 2 -1969
16. Спиркин А.Г. Философия: Учебник / А.Г. Спиркин. – М.: 2001.
17. Стендер В.В. Прикладная электрохимия / В.В.Стендер. - Харьков, Изд. Харьковского ордена Трудового Красного Знамени Государственного Университета имени А.М.Горького, 1961
18. Страдынь Я.П. Теодор Гротгус / Я.П. Страдынь. - М.: Наука,1966
19. Федотьев П.П. Современное состояние химической и электрохимической промышленности на континенте Европы / П.П. Федотьев, 1907
20. Философия: Учебник // Под ред. В.Д. Губина В.Д.– М.: 2001.
21. Философия: Учебник // Под ред. В.Н. Лавриненко В.Н. – М.: 2004.
22. Франк Ф. Философия науки: Связь между наукой и философией. Пер. с англ. – М.: 2007. – 512 с.
23. Франклин Б. Опыты и наблюдения над электричеством / Б. Франклин. - М.: Издательство АН СССР, 1956
24. Хайдеггер М. Основные понятия метафизики // Вопросы философии, 1989. – № 9.
25. Хилл Г.И. Современные теории познания. – М., 1965.
26. Штрубе В. Пути развития химии / В. Штрубе. - М.: Мир, 1984. -
27. Эйнхенвальд А. А. Электричество / А. А. Эйнхенвальд. – Ленинград: Государственное технико-теоретическое издательство, 1933
28. Энгельгардт В.А. Наука в современном мире // Наука и жизнь. – М.: 2003, № 6. – С.13-16.
29. Fischer F. Hendbuch der chemischen Technologie, 1893
30. The Electrochemical Society: The First Hundred Years, 1902 - 2002 - (<http://electrochem.cwru.edu/encycle/art-e04-echem-soc/>)
31. The past, present, and future of electroanalytical chemistry - (<http://electrochem.cwru.edu/encycle/art-a03-analytical/>)
32. Volta and the "Pile" - (<http://electrochem.cwru.edu/encycle/art-v01-volta/>)