

РОЛЬ РУССКИХ УЧЕНЫХ И ТЕХНИКОВ В РАЗВИТИИ
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Н. П. Федотьев

Электрохимия получила в настоящее время разнообразное и обширное применение в различных областях промышленности. Электрохимические процессы, связанные с получением многих металлов, их рафинировкой, гальваностегией, гальванопластикой, имеют большое значение для народного хозяйства.

Ряд крупнейших отраслей основной химической промышленности (производство хлора и щелочей, перекисных соединений и др.) использует сейчас исключительно электрохимические методы производства. Изготовление гальванических элементов и аккумуляторов также представляет весьма крупные отрасли промышленности, основанные на электрохимических реакциях.

Основной для объединения этих разнообразнейших производств является общность технологического процесса, использующего электрохимические реакции, протекающие на электродах.

Главнейшим фактором, определяющим экономику подавляющего большинства электрохимических производств, является удельный расход электроэнергии. Широкое развитие электрохимической промышленности возможно лишь при наличии дешевой электроэнергии. Поэтому в районах крупных тепловых и гидроэлектрических станций и получают развитие мощные электрохимические предприятия.

Нельзя поэтому рассматривать историческое развитие прикладной электрохимии обособленно, не учитывая состояния энергетической базы. Для осуществления процессов электролиза требуется надежный источник постоянного тока.

Хотя некоторые электрохимические процессы были открыты при пользовании разрядом лейденских банок (опыты Ломоносова по разложению воды), но более глубокое и количественное изучение электрохимических реакций стало возможным лишь после изобретения гальванических элементов.

В 1803 г. профессор Медико-хирургической академии в Петербурге Василий Владимирович Петров построил усовершенствованную и чрезвычайно большую батарею из 2100 медно-цинковых элементов и применил ее для длительного электролиза воды.*

Медно-цинковый элемент типа Вольты, которым пользовался и В. В. Петров, позволил открыть ряд чрезвычайно важных электрохимических явлений (выделение щелочных и щелочно-земельных металлов,** закон о соответствии

* Впервые открытый Петровым световой и тепловой эффект при прохождении электрического тока через воздушный промежуток является основой весьма мощной в настоящее время электротермической промышленности.

** Знаменитые опыты Дэви по выделению щелочных металлов в 1807 г. были в том же году с успехом повторены в Петербурге С. П. Власовым (Отечественные записки, 1818). С. Власов был крепостным, получил свободу незадолго до своей смерти и работал в весьма тяжелых условиях [1].

количеств выделившихся при электролизе веществ и протекавшего при этом электричества), но вследствие быстро наступавшей поляризации был непригоден для производственного использования.

Гальванический элемент с деполяризацией (Даниэль, 1835 г.) явился первым надежным источником тока, посредством которого стало возможным решение практических задач.

В 1836 г. академик Российской Академии Наук Борис Семенович Якоби впервые в мире осуществил гальванопластическое изготовление медных копий с различных рельефных художественных оригиналов и вскоре применил свое изобретение для производства печатных клише в Экспедиции заготовления государственных бумаг в Петербурге.

Это замечательное открытие было первым в мире промышленным применением электрохимии, оно явилось основой для ряда металлургических и гальванопластических производств и из России распространилось в другие страны.

Идеи Якоби оказались плодотворными и для других областей электрохимии. Так, в 1859 г. по его предложению французский физик Планте начал разработку свинцового аккумулятора, получившего столь обширное применение в современной технике.

Имя Якоби необходимо отметить и в связи с его работами по конструированию электрических машин, явившихся прообразом современных электромоторов и генераторов. Эти работы Якоби вел совместно с профессором Петербургского университета и членом Академии Наук Э. Х. Ленцем, открывшим также чрезвычайно важный для прикладной электрохимии закон эквивалентности электрической и тепловой энергии (1842), выражающийся известным уравнением

$$Q = 0.24 J^2 R t.$$

Результатом совместной работы Якоби и Ленца явилась постройка электрической моторной лодки, использовавшей энергию мощной батареи гальванических элементов.

Работы Якоби дали решительный толчок к развитию прикладной электрохимии, однако при общем низком развитии техники того времени возникновение крупной электрохимической промышленности было невозможно.

Якоби, конечно, сознавал, что без дешевого источника энергии ряд электрохимических процессов будет неэкономичен, он чувствовал, что разрешить эту задачу более быстро можно созданием электрической машины, и в этом направлении многое было им сделано. Однако наряду с этим необходимо было усовершенствование химических источников тока, и потому указание на возможность создания свинцового аккумулятора, сделанное им Планте, не следует считать случайным.

В поисках более дешевых и совершенных источников электроэнергии были найдены и испытаны многие новые типы гальванических элементов.

Здесь нужно отметить работы Петра Романовича Багратиона, племянника героя Отечественной войны 1812 г., который предложил в 1844 г. первый в мире тип „сухого“ элемента, применив добавку тонкого песка или глины к электролиту элемента Даниэля.*

Весьма интересна идея гальванического элемента Сосновского (1866), имеющего исключительно высокую ЭДС 2.37 V за счет использования,

* Багратионом был также разработан способ извлечения золота из руд в форме цианистых соединений, применяющихся до сих пор. Им же был проведен электролиз цианистых растворов золота с выделением свободного металла (использовано в Германии Сименсом в 1884 г.).

кроме электродных потенциалов, также и потенциала на границе раздела растворов щелочи и кислоты.

Работы Багратиона и Сосновского весьма ценны, и основы их предложений не утратили интереса и до настоящего времени. Элементы „сухого“ типа на основе принципов, приведенных Багратионом, получили сейчас чрезвычайно большое распространение.

Особенно поразительны по своей смелости работы в области гальванических элементов Павла Ивановича Яблочкова, изобретателя электрического осветителя, носящего его имя (электрическая свеча Яблочкова). В поисках более совершенного источника тока Яблочков в 1884 г. сконструировал гальванический элемент с отрицательным электродом из натрия, что обеспечило небывалую по величине ЭДС в 2.5 V.

Другая система гальванического элемента, предложенная Яблочковым, еще более замечательна, — это „топливный элемент“. В топливном элементе активным веществом, за счет окисления которого генерируется электрическая энергия, является уголь (генераторный газ, окись углерода, водород). Благодаря тому, что в идеальном топливном гальвано-элементе процессы могут протекать обратимо, должно иметь место весьма высокое использование топлива (значительно выше, чем в паровых машинах и двигателях внутреннего сгорания).

Оформление предложенных систем гальвано-элементов встретило ряд весьма серьезных технологических и конструктивных затруднений, и Яблочков, не имея материальных средств для проведения опытов, перешел к решению других задач.

Разработка гальвано-элементов, основанных на принципах, предложенных Яблочковым, теперь возобновилась. Работы институтов Академии Наук СССР показывают возможность превращения в электрическую энергию свыше 80% свободной энергии топлива, сгорающего в специальных конструкциях топливных элементов.

Весьма вероятным с современной точки зрения представляется и практическое использование натриевого электрода.

Только сейчас с полной ясностью мы можем оценить блестящие, намного опередившие свое время изобретения Яблочкова. Становится также ясным, что только современная советская наука способна решить такие труднейшие задачи.

Гальванические элементы, обеспечившие первое промышленное применение электрохимии, были все же несовершенными и дорогими источниками электрической энергии.

Широкое распространение промышленной электрохимии связано с усовершенствованием конструкций динамомашинок, которые в комбинации с паровым двигателем обеспечили получение более дешевой электрической энергии. Усовершенствованию динамомашинок много способствовали работы русских исследователей.

Якоби и Ленц построили первый электромотор, в котором использовались электромагниты, а также показали его обратимость. Яблочковым в 1873 г. был предложен для динамомашинок барабанный якорь.

Яблочковым был впервые, в его осветительных устройствах, использован трансформатор.

Усовершенствование трансформатора (Усагин, 1882 г.) и применение 3-фазного тока (Доливо-Добровольский, 1890 г.), являющихся основами электротехники, сделаны русскими специалистами.

Большая доступность и удешевление электрической энергии создали благоприятную почву для осуществления новых промышленных применений электрохимии.

Значительно увеличило масштаб гальванопластических процессов изобретенное в 1867 г. Ф. Г. Федоровым изготовление медных электролитических

труб.* В 1869 г., в Петербургской экспедиции заготовления государственных бумаг Е. Клейн разработал способ электролитического осаждения железа и ввел в употребление железные клише, которые вследствие большей твердости выдерживали значительные тиражи. Осаждение электролитического железа имеет ряд специфических особенностей, не зная которых нельзя получить хорошие результаты. Следует в связи с этим отметить, что работы Клейна были так хорошо обоснованы, что и в настоящее время не потребовали какой-либо существенной корректировки. Работы по электролизу железа вызвали большой интерес за границей и были отмечены рядом иностранных авторов. Экспедиция „Заготовки государственных бумаг“ в течение ряда лет выполняла иностранные заказы на поставку чистого электролитного железа.

Гальванопластика в России сделала столь большие успехи, что уже при постройке Исаакиевского собора (окончен в 1858 г.) электролитическим путем изготовлялись крупные медные скульптурные детали для его украшения.

Введение электрохимии в основную химическую промышленность можно отнести к 1879 г., когда русским специалистам Ф. Ващуку и Н. Глухову был выдан в Германии патент на первый электролизер для получения хлора, щелочи и водорода разложением водных растворов поваренной соли [2]. Электролизер имел угольные аноды, катод из железа и диафрагму, разделяющую катодное и анодное пространства. Предусматривалось непрерывное питание электролизера рассолом. Таким образом, предложение заключало все отличительные, необходимые особенности соответствующих современных устройств.

Ващук и Глухов касались не только вопросов конструкции, ими было, кроме того, предложено синтезировать из продуктов электролиза соляную кислоту в газовом гальваническом элементе и за счет работы последнего регенерировать часть электроэнергии. Эта идея являлась весьма передовой, использование ее требовало преодоления значительных трудностей, но она не потеряла интереса и для современных условий.

Изобретение Ващука и Глухова не получило признания в царской России. С небольшими конструктивными изменениями оно было использовано в 1890 г. в Германии и только в 1898 г. перенесено из Германии в Россию.

Первый патент на электролитическое получение белильных щелоков был получен также русскими изобретателями Лидовым и Тихомировым в 1883 г. [3]. Но и в этом случае способ был сначала осуществлен в Германии и лишь потом его реализовали в России.

Чрезвычайно плодотворными для электрохимической промышленности явились работы по электролитическому получению водорода и кислорода, проведенные Д. А. Лачиновым. Он спроектировал и построил в 1888 г. первую в мире установку для электролиза воды под давлением [4], позволявшую получать водород и кислород в компримированном виде. Это предложение дает большой экономический эффект и с успехом используется в современных мощных электролизерах.

Весьма остроумным и полезным для различных отраслей прикладной электрохимии явилось изобретение Лашинского. Для того чтобы устранить вредное влияние окисных солей железа на катодный процесс при выделении меди из медно-железных растворов, Лашинский предложил защищать нерастворимый анод плотной матерчатой оберткой. Таким простым приемом устранялась возможность окисления железных солей на аноде, а следовательно, и вредное влияние их на катодный процесс. Этот способ, помогаю-

* Федорову удалось использовать свое изобретение в небольшом объеме. Лишь спустя около 30 лет, когда приоритет Федорова был забыт, фирма Сименса широко использовала его способ, но приписала его австрийцу Эльмору.

ший избавиться от вредных побочных реакций, получил распространение не только в гидроэлектрометаллургии, но и в некоторых других электрохимических процессах.

До революции электрохимическая промышленность России была незначительна и находилась в руках иностранного капитала. Предложения талантливых русских изобретателей и ученых в области электрохимии лишь в редких случаях могли найти использование на родине.

В 1917 г. к числу электрохимических предприятий можно было отнести всего лишь три медеплавильных завода, три аккумуляторных и два хлорных. На Монетном дворе была установка для электролитической рафинировки благородных металлов. Существовало также небольшое число гальванических установок.

Проектировка, строительство и эксплуатация заводских электрохимических предприятий велись иностранными специалистами.

В 1898 г., в Электротехническом институте в Петербурге была организована кафедра электрохимии и этим положено начало электрохимическому образованию в России. В 1906 г. эта кафедра вошла в состав Электрохимического отделения. Ряд видных электрохимиков — П. Ф. Антипин, И. Г. Щербаков, А. Ф. Алабышев — являются воспитанниками Электротехнического института.

Первым руководителем кафедры электрохимии был проф. Н. Пушин, известный своими работами по изучению плавкости криолитовой системы.

Большую роль в развитии отечественной прикладной электрохимии сыграло открытие в 1904 г. электрохимического отделения при Металлургическом факультете Политехнического института в Петербурге. Под руководством проф. Павла Павловича Федотьева здесь впервые началась подготовка русских инженеров-электрохимиков.

П. П. Федотьевым были изучены теоретические основы электролиза алюминия, магния, никеля, цинка, серебра и ряда других важных для промышленности процессов. Блестящие исследования в области электролиза алюминия получили мировое признание и относятся к классическим работам.

В период 1915—1917 гг. под непосредственным руководством П. П. Федотьева по заданию артиллерийского управления был построен и пущен электролитический хлорный завод на юге России. При советской власти П. П. Федотьев принял непосредственное участие в организации отечественной алюминиевой промышленности. Под его руководством Н. П. Федотьевым была организована на заводе „Красный Выборжец“ в Ленинграде полупромышленная установка, на которой в 1929 г. из отечественного сырья и материалов были получены первые сотни килограммов алюминия.

В дальнейшем П. П. Федотьев руководил исследовательскими работами опытного алюминиево-магниевого завода в Ленинграде, консультировал при пуске первого алюминиевого завода, использовавшего ток первой советской гидроэлектростанции на Волхове (пущен в 1932 г.). Связь П. П. Федотьева с алюминиевой и магниевой промышленностью не прерывалась до конца его жизни (1934).

Созданная П. П. Федотьевым многочисленная школа советских электрохимиков-технологов значительно способствовала развитию электрохимической промышленности в нашей стране.

Начатые с самого возникновения советского государства работы по электрификации страны и общий бурный рост промышленности способствовали распространению электрохимических процессов. Ряд производств, не существовавших ранее, был организован в крупнейших масштабах.

Объем работы инженерного и научного характера, выполненный при этом советскими специалистами, столь огромен, что исторический обзор по каждому разделу электрохимических производств может обеспечить материалом отдельную книгу.

С возникновением и начальным периодом развития советской алюминиевой и магниевой промышленности связаны имена профессоров П. П. Федотьева, В. П. Ильинского, П. Ф. Антипина, Ю. В. Баймакова, В. М. Гуськова, В. П. Машовца.

Окись алюминия, обеспечивавшая работу первого советского алюминиевого завода, готовилась из тихвинских бокситов по оригинальному способу профессоров А. А. Яковкина и И. С. Лилеева.

Обширную работу выполнили коллективы Опытного алюминиево-магниевого завода, Государственного института прикладной химии (ГИПХ), Гипроалюминия, Всесоюзного алюминиево-магниевого института и ряда других учреждений.

Наша алюминиевая и магниевая промышленность, с честью выдержавшая испытание в Великой Отечественной войну, по уровню техники и по масштабам превосходит многие иностранные предприятия.

Производство электролитического никеля было организовано в масштабах, полностью обеспечивающих потребность Советского Союза. Попутно с чистым никелем получают благородные металлы платиновой группы и кобальтовые соединения.

При этом использованы известные исследования проф. П. П. Федотьева, дополненные обширными опытными работами коллективов ленинградских Горного (проф. Н. П. Асеев) и Политехнического институтов (проф. Ю. В. Баймаков), Уральского индустриального института (проф. О. А. Есин), а также ГИПХ (проф. Н. П. Федотьев, С. М. Чернобров, Я. М. Песин); проектные работы успешно выполнены Союзникельовопроект (Б. В. Дроздов, А. А. Булах).

Большое развитие произошло в производстве электролитической меди. Гипроцветметом был запроектирован, построен и пущен в 1934 г. один из крупнейших в мире медеэлектролитных заводов — Пышминский. В это же время на базе цинковых руд Урала и Северного Кавказа созданы два мощных завода электролитного цинка.

Для освоения производства электролитического цинка большое значение имели работы профессоров П. П. Федотьева, В. В. Стендера, С. А. Плетенева. В 1940 г. было организовано электролитическое рафинирование свинца.

Усилиями советских электрохимиков реализованы и некоторые новые электрометаллургические процессы, еще никогда нигде не применявшийся, например электролитический способ получения чистого марганца, который на основе исследований проф. П. П. Федотьева, технически разработан проф. Р. Агладзе, а также С. Зарецкий и П. Животинским, и успешно внедрен в производство.

Замечательные успехи сделала и отечественная гальванотехника. Созданы крупные автоматизированные гальваностегические установки, налажено производство необходимого оборудования. Для занятия командных должностей в этой области электрохимии созданы и продолжают готовиться многочисленные кадры высококвалифицированных специалистов. Многочисленные работы в области гальванотехники выполнены профессорами В. И. Лайнером, Ю. В. Баймаковым и многими другими. Гидроэлектрометаллургия и гальванотехника выдвинули ряд новых проблем, которые имеют основания превратиться в самостоятельные отрасли электрохимической технологии. Сюда можно отнести получение металлических порошков (начатое профессорами В. В. Стендером и Н. П. Федотьевым и развитое проф. Н. А. Изгарышевым), твердое и пористое хромирование (последнее впервые возникло в СССР в 1943 г. благодаря работам М. Б. Черкеза и Антонова), начаты работы по получению сверхчистых металлов.

Широкое распространение электрохимических производств наблюдалось и в крупной химической промышленности. Уже к 1930 г. был построен ряд новых заводов для электрохимического получения хлора и едкой щелочи.

Были проверены многие иностранные конструкции электролизеров и выработана рациональная и оригинальная советская хлорная ванна.

Большую работу по первоначальному развитию хлорной промышленности выполнили ГИПРОХИМ и ГИПХ при непосредственном участии проф. Б. А. Сасс-Тисовского, проф. В. В. Стендера, проф. В. Г. Хомякова, Л. С. Генина, В. Б. Животинского, И. С. Галинкера и других.

В советском государстве получили признание и были использованы идеи Лачинова по электролизу воды под давлением. Этот процесс детально изучен проф. В. В. Ипатьевым и В. В. Шишкиным. Оригинальная конструкция ванны фильтрпрессного типа для электролиза воды под давлением создана незадолго до Отечественной войны Л. С. Гениным в коллективной работе с сотрудниками Государственного института азотной промышленности.

Большое значение имел пуск промышленных установок по получению металлического натрия. При этом использованы опыт и знания проф. П. Ф. Антипина, проф. А. Ф. Алабышева, И. С. Галинкера, И. А. Целикова и других.

Развитие автотранспорта и авиации предъявило ряд количественных и качественных требований к аккумуляторной промышленности. Существовавшее производство аккумуляторов было сильно расширено. Вместо маломощных мастерских фирм „Тюдор“, „Рэкс“ и „Тэм“ возникли современные большие заводы. В 1935 г. пущен новый Подольский аккумуляторный завод.

Изготовление свинцовых аккумуляторов продолжает расширяться и в наши дни. В 1933 г. было начато новое в Советском Союзе производство щелочных аккумуляторов, обладающих многими ценными отличительными чертами. Разработка советской конструкции щелочного аккумулятора проведена Б. А. Кособруховым, В. С. Лызловым, Т. Н. Калайдой, С. Розенцвейг и другими работниками Аккумуляторного института.

Наряду с производством разнообразных систем аккумуляторов налаживалось и мощное производство первичных гальванических элементов, которые потребовались в больших количествах для радиотехники, сигнализации и т. п.

Возникло, вместо кустарных мастерских, современное механизированное, а в отдельных операциях автоматизированное производство разнообразных типов элементов и сухих батарей. Разработано несколько новых советских систем гальванических элементов. Изучены и внедрены в производство новые оригинальные способы получения высокоактивных материалов для изготовления высококачественных гальвано-элементов (получение активной MnO_2 по способу С. С. Маркова). Много важных работ по уточнению технологии гальвано-элементов проведено под руководством В. С. Даниель-Бека, Г. Г. Морозова и др.

Ценные работы теоретического характера, способствовавшие усовершенствованию химических источников тока, проведены проф. В. Я. Курбатовым. Систематическая работа в этом направлении ведется Б. Кабановым и другими сотрудниками Института имени Карпова под общим руководством акад. А. Н. Фрумкина.

В кратком схематическом обзоре развития отечественной промышленной электрохимии мы вынуждены отказаться от описания многочисленных процессов, изученных и осуществленных советскими специалистами и касающихся многих областей металлургии и химической технологии. По времени обзор ограничивается в основном предвоенным периодом, в нем отмечаются главным образом моменты, являющиеся поворотными в развитии электрохимической промышленности. Задачи послевоенного периода по восстановлению разрушенных за время войны заводов успешно заканчиваются.

Использованный опыт войны требует расширения существующих предприятий и освоения новых процессов. Эти трудные задания также будут выполнены.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] А. Яцевич. Крепостной Петербург, 168 (1937). — [2] Ф. Ващуки Н. Глухов, герм. пат. 10039 (1879). — [3] Лидов и Тихомиров, герм. пат. 30790 (1883). — [4] Д. А. Лачинов, герм. пат. 5 (1998). — [5] В. Данилевский. Русская техника (1947). — [6] Люди русской науки, под ред. И. Кузнецова (1948). — [7] П. П. Федотьев. Химико-технологические очерки (1930). — [8] В. Кистяковский. Электрохимия (1912). — [9] О. Давтян. Проблема превращения энергии топлива в электрическую (1947). — [10] В. В. Стендер. Электролитическое получение хлора и щелочей (1935).
-