

## **Из истории первых исследований по электроосаждению металлов (1800 г. — начало 1870-х гг.)**

**Будрейко Е.Н.**

**Ключевые слова:** гальванотехника, гальванопластика, гальваностегия, электрохимические покрытия, научная традиция

Рассмотрены первые опыты по электроосаждению металлов, а также начало применения электрохимических методов в процессах получения покрытий различными способами, что привело к разработке технологического процесса (технического метода) гальванотехники.

## **Historical Review of the Origin of Electroplating**

**Ekaterina N. Budreyko**

**Keywords:** electroforming, electroplating, electrodeposited coatings, scientific tradition

Metal coatings were applied to metal and non-metal substrates since ancient times (e.g. gold amalgam process). First experiments on electrodeposition using voltaic pile started the beginning of XIX century. A major contributions at the early stage of electrodeposition of metals were made by B.Jakobi. At that period electroplating and electroforming had not formed separate branches of electrodeposition technology. A number of processes were developed in 1838-1870.

### **Введение**

Анализ эволюции понятий «гальванотехника» и ее составных частей – гальваностегии и гальванопластики показывает следующее. Впервые определение гальванопластики было дано Б.С. Якоби, который озаглавил книгу, посвящённую своему изобретению «Гальванопластика или способ по данным образцам производить медные изделия помощью гальванизма» [1]. Понятие «гальваностегия» появилось позже и вплоть до 1880-х гг. было лишено самостоятельного статуса: «Под

общим названием гальванопластики разумеют искусство покрывать посредством гальванического тока предметы металлическими оболочками... Гальванопластика разделяется... на гальванопластику в собственном смысле и гальваностегию» [2, с. 10]. По-видимому, впервые чётко отграничил понятие гальваностегии Э. Буан в 1895 г.: «Гальваностегия имеет целью покрытие металлическим слоем поверхности какого-нибудь тела для предохранения его от вредных влияний атмосферы или для придания ему более изящного вида» [3, с. 29]. Понятие «гальванотехника» появилось лишь в

1910–1920-х гг. и было связано с созданием механизированного гальванического производства.

В историко-научных работах обычно используют следующую периодизацию ранней истории гальванотехники:

**I период.** Электроосаждение металлов с помощью гальванических элементов (1800 – начало 1870-х гг.):

*I этап (1800–1838 гг.)* – опыты по выделению металлов с помощью электрического тока;

*II этап (1838 г.– начало 1870-х гг.)* – первые исследования по получению покрытий.

**II период.** Электроосаждение металлов с использованием «электромашинных генераторов» (начало 1870-х гг. – 1920-е гг.).

Интересно, что, если история гальванопластики описана достаточно подробно, то о путях возникновения гальваностегии не существует единого мнения ни у историков науки, ни у специалистов. Наиболее распространенные точки зрения можно разделить на три группы:

1. Гальваностегия как результат развития гальванопластики;
2. Гальваностегия как результат развития опытов по разложению веществ электрическим током, широко проводившихся в 1800-х гг.;
3. Гальваностегия как результат развития научных исследований по электричеству. Дж. Бернал, имея в виду практические применения электричества, возникшие на протяжении XIX в., писал: «Электричество было поистине первой наукой, создавшей свою собственную промышленность, совершенно независимую от традиций (Курсив мой – Авт.)» [4, с. 341].

Таким образом, большинство историков рассматривало возникновение гальваностегии в рамках одной – научной традиции. Этот подход следовал из узкого понимания гальваностегии, когда гальваническое производство сводилось к операции электроосаждения металлов, а развитие всей области – к совершенствованию её. Однако процесс получения покрытия представляет собой сложную технологическую цепочку, в которой стадия электролиза является основной, но не единственной. Следовательно, история разработки технологии нанесения покрытия не может быть сведена лишь к изучению стадии электроосаждения металла. В то же время уже в работах по гальваностегии, относящихся к 1840-м гг., описывается технологический процесс нанесения покрытий в целом. Возникает вопрос: откуда он появился?

Ответ можно получить, проанализировав возникновение и развитие гальваностегии, впервые, исходя из общепринятого представления, согласно которому внедрение результатов исследований в производство в общем случае осуществляется в три этапа:

Лабораторные исследования – Технологический процесс (технический метод) – Производственный процесс

Во-вторых, с использованием модели возникновения нового в науке и технологиях при пересечении различных традиций\* [5].

При построении данной модели применительно к гальванической технологии последняя рассматривалась как область, возникшая на пересечении технологии нанесения металлических покрытий различными способами и исследований, связанных с открытием «гальванического электричества». Первоначально эти направления развивались независимо друг от друга, причем электрохимическая ветвь находилась на стадии лабораторных экспериментов. Встреча традиций произошла на рубеже 1830–1840-х гг. Именно это событие и привело к зарождению технологического процесса электроосаждения металлов. Что касается гальванического производства в целом, то оно было создано в последней трети XIX века с привлечением третьей традиции – электротехники.

Для обоснования правильности предложенной гипотезы рассмотрим развитие каждой из этих традиций в отдельности в порядке их возникновения.

### Эволюция ранних методов нанесения металлических покрытий

Идея улучшения внешнего вида изделий с помощью нанесения на их поверхность тонкого слоя чужеродного металла насчитывает несколько тысячелетий. Наиболее ранним из применявшихся способов облагораживания была облицовка предметов золотой фольгой. Позже (III в. до н.э.) появилось золочение путем нанесения золотого порошка, смешанного со свинцовой пылью, на поверхность обрабатываемого предмета и последующего прокаливания изделия. Амальгамное золочение и серебрение в своей простейшей форме стало известно не позже I в. до н.э. Для покрытия предметов серебром вначале применялся способ «накладного» серебрения, бывший непосредственным предшественником метода плавки, кот-

\* В данном исследовании термин «традиция» используется в значении «научное направление, рассматриваемое в историческом развитии».

торый начал употребляться со второй половины XVIII в.

Старейшими защитными покрытиями являются оловянные. В первые десятилетия XVII в. получило развитие горячее лужение листового железа. Способ горячего лужения, усовершенствованный к XIX в., представляет особый интерес, т.к. в нем впервые просматривается технологическая цепочка нанесения электрохимических покрытий, которая в измененном и усовершенствованном виде сохранилась до настоящего времени.

Еще одним процессом, получившим промышленное использование к моменту возникновения гальванического производства, было горячее цинкование.

Таким образом, гальванопластика являлась не единственным возможным источником технологического процесса нанесения гальванических покрытий, по-скольку к моменту ее изобретения уже существовали различные промышленные способы получения покрытий.

### **Первые опыты по электроосаждению металлов (1800 гг. – 1838 г.)**

Другим направлением, подготовившим предпосылки создания гальванического производства, были исследования в области «гальванического электричества» (как его называли вплоть до 1833 г., когда работами М. Фарадея была окончательно установлена единая природа электрического тока, независимо от способа, которым он был получен). В отличие от практических работ по получению покрытий, эти изыскания носили вначале целиком научный характер, являясь продолжением исследований по выяснению связи между химическими и электрическими явлениями. Однако до начала XIX в. эту идею не удавалось подтвердить экспериментально, т.к. известные источники тока давали электрическую энергию высокого напряжения при малом количестве электричества. Поскольку именно от величины последнего параметра зависит возможность осуществления электрохимических процессов, то какое-то время их не удавалось зафиксировать. Успехи в этом направлении были достигнуты лишь после изобретения вольтова столба в 1800 г. Его качественным отличием от известных ранее методов была способность в течение довольно длительного времени давать медленно падающий по величине ток.

Вначале не проводили целенаправленных экспериментов по выделению металлов электро-

ческим током. Электролизом разлагали растворы кислот, щелочей, солей. Тем не менее, именно в области электроосаждения металлов были достигнуты впечатляющие успехи: за период с 1800 по 1804 г. были выделены Cu, Ag, Au, Pt, Hg, Pb, Sn, Zn, Co, Ni, Mo, сплав Cu-Fe, т.е. почти все металлы, составившие впоследствии основу гальванотехники. Правда, как отмечал в 1840 г. Б. С. Якоби, практической значимости эти исследования не представляли, поскольку металлы получали в виде самых различных случайных форм [1].

Первое десятилетие XIX в. стало своеобразным этапом в истории электроосаждения металлов, завершившимся экспериментами Г. Дэви, получившего натрий и калий из расплавов их щелочей. Подведем его итоги.

Была показана принципиальная возможность выделения металлов путем электролиза. Но тогда это не привело к созданию технологического процесса электроосаждения металлов, и попытки его разработки остались на уровне единичных экспериментов. Это объяснялось несколькими причинами.

Первая заключалась в том, что вплоть до конца 1830-х – начала 1840-х гг. в исследованиях по электроосаждению металлов не видели практической значимости, не связывая их с уже существовавшей потребностью в металлических покрытиях.\* Вторая причина – неразработанность формы описания условий проведения процесса. Наконец, третьей причиной было отсутствие подходящих источников тока. Единственным доступным источником вплоть до 1830-х гг. был вольтов столб. Этот прибор был неудобен для лабораторных работ и совершенно не подходил для практических целей, т.к. давал слабый, быстро уменьшающийся по величине ток. Получение с его помощью слоя металла достаточной толщины являлось сложной технологической задачей и требовало длительного времени. Стало очевидно, что располагая лишь вольтовым столбом, особенно его первыми моделями, продвинуться дальше лабораторных опытов невозможно, поскольку, не давая воспроизводимых результатов, он не позволял наметить путь проведения процесса. Это касалось всех экспериментов с электрическим током, поэтому уже с конца 1810-х гг. внимание исследователей сосредоточилось на усовершенствовании и разработке источников тока.

---

\* Термин «покрытие» по отношению к металлическим отложениям, полученным путем электролиза, стали употреблять на несколько десятилетий позже.

## Разработка технологического процесса (технического метода) (1838 г. – начало 1870-х гг.)

### Развитие электрохимических исследований

Очередной подъем исследований по электроосаждению металлов пришелся на 1830–1840 гг. Это был период, чрезвычайно плодотворный для всей электрохимии. Он начался фундаментальными теоретическими работами М. Фарадея, установившего количественные законы электролиза. Затем последовали два важных изобретения: Д. Ф. Даниель (1836 г.) – «постоянная батарея»; Б. С. Якоби (1837 г.) – гальванопластика\*, тесно связанных между собой.

### Изобретение гальванопластики

Изобретение гальванопластики подробно описано историками химии. Поэтому обратим внимание лишь на следующие обстоятельства:

1. Изобретение было сделано во время работы, предпринятой с целью создания медно-цинковой батареи, пригодной для практических нужд. Наличие более мощных и надежных в эксплуатации, чем вольтов столб, источников тока представляло необходимое условие продолжения исследований по электроосаждению металлов.

2. Первоначально Якоби работал с т.н. «простым гальванопластическим аппаратом» – прибором, который одновременно являлся и гальванической ванной, и источником тока. Однако уже в 1840 г. он переходит к схеме с растворимыми анодами, разделенным электролизером и источником тока. Это усовершенствование имело решающее значение для внедрения гальванопластики в практику, позволив не только увеличить скорость осаждения меди, но и покрывать предметы больших размеров и различных форм.

3. Первые работы по гальваностегии появились в 1840-х гг., сразу же после изобретения гальванопластики. По-видимому, это и дало основание историкам науки считать первое событие непосредственным следствием второго. При этом подразумевают, что гальванопластика и гальваностегия будучи созданы практически одновременно, одними исследователями, вначале развивались совместно и лишь спустя некоторое время разделились на самостоятельные области. В пользу подобного предположения говорит, казалось бы, и то, что почти весь XIX в. нанесение тонких золотых и серебряных покрытий с декоративными целями называли гальванопластикой.

\* Так как в настоящее время понятие гальванопластики значительно шире, чем в период ее изобретения, необходимо уточнить, что в гл.1 этот термин используется в традиционном для историко-научных работ смысле, подразумевая, в соответствии с определением Б. С. Якоби «способ по данным образцам производить медные изделия из медных растворов помошью гальванизма» [1].

Проверим правильность такого подхода, поскольку положительный ответ на вопрос об идентичности исторических корней гальванопластики и гальваностегии позволил бы провести реконструкцию возникновения технологического процесса электроосаждения металлов, оставаясь в рамках исследований по «гальваническому электричеству», и не привлекать более сложную модель пересечения традиций.

Анализ работ по электроосаждению металлов, выполненных в 1838–1841 гг., показал, что ни Б.С. Якоби, ни его последователи в этот период не занимались получением металлических осадков, хорошо сцепленных с основой. В то же время из писем Якоби, отчетов и докладов, представленных им Русскому физико-химическому обществу в 1838 г. – 1850-х гг., а также из ряда обзорных работ следует, что помимо изобретения гальванопластики, он предсказал и две другие области применения электроосаждения металлов: гальваностегию и гидроэлектрометаллургию.

Следовательно, технологический процесс получения покрытий был разработан в первые несколько лет после изобретения гальванопластики, но независимо от нее. Кем и как это было сделано?

Вернемся к допущению о возможности перехода от лабораторных опытов к технологическому процессу благодаря пересечению традиций научных исследований в области «гальванического электричества» и практических способов нанесения металлических покрытий.

Проведенное нами сравнение способа горячего лужения железных листов, относящегося примерно к концу XVIII – началу XIX в., взятого по описанию Г. Роудона [6, с. 96], с первыми гальваническими процессами: меднением, золочением и серебрением, – возникшими в середине XIX в., позволило отметить большую схожесть технологий. И в том, и в другом случае процесс состоит из ряда стандартных операций:

- травление изделий;
- покрытие их жиром (в случае горячего лужения) или, напротив, тщательное обезжиривание (в электрохимических процессах);
- нанесение металлического покрытия;
- сушка;
- полировка.

В случае гальванического процесса к этим операциям добавляются операции активации и промывки изделий.

Косвенным доказательством заимствования гальванотехникой приемов и методов, использу-

зовавшихся в ранних технологиях нанесения покрытий, – является то, что в первых руководствах по гальваностегии, наряду с электрохимическим, часто подробно описываются способы химического осаждения и амальгамирования. Это не могло быть случайным, т.к. в отличие от ситуации, существовавшей в начале XIX в., в 1830-х–1840-х гг. электроосаждением металлов обычно начинали заниматься люди, уже работавшие в области металлопокрытий.

Обратимся к историческим фактам и попытаемся выявить конкретные обстоятельства, при которых такое пересечение традиций могло произойти.

Первые шаги гальваностегии были связаны с процессом золочения. Это было связано с тем, что способ амальгамирования был неэкономичен, применим только для изделий определенной толщины и чрезвычайно вреден. Уже в 1810-е гг. существовал «социальный заказ» на разработку альтернативного способа золочения. В 1841 г. Комиссия по Нездоровым ремеслам Парижской Академии наук внесла предложение «...награждать внедрение в практику гальванического позолочения, применявшегося как в Англии, так и во Франции ко многим товарам, что является лучшим доказательством успеха и ценности такого позолочения» [7].

В течение 1840 г. А. де ла Риву из Женевы, бирмингемским фабрикантам Элкингтонам, А. де Рюольсу из Франции удалось добиться успеха в разработке гальванического метода золочения. Рассмотрев их вклад, Комиссия в июне 1842 г. постановила: считать первым изобретателем гальванического золочения А. де ла Рива, его первым усовершенствователем – Дж. Элкингтона, А. де Рюольса – изобретателем новых способов гальванического золочения [7].

Таким образом, установлено, кем и когда разработан первый гальваностегический процесс и заложены предпосылки для перехода ко второй стадии гальванопроизводства – технологическому процессу. Проанализируем, как это было сделано, т.е. покажем, каким образом удалось в ремесленных масштабах добиться воспроизведения результаов и разработать устойчивый технологический процесс получения однородного слоя металла, плотно сцепленного с основой.

С целью сравнения результатов, полученных А. де ла Ривом, Дж. Элкингтоном и А. де Рюольсом, были изучены их публикации, включая патентные, Донесение Ж. Дюма Парижской Академии наук, отклики в журналах, а также выявлена область научных интересов каждого.

Было установлено, что область интересов де ла Рива относится к изучению природы «воль-

тического электричества». Статья, посвященная золочению, была единственной публикацией учёного в области электроосаждения. В ней он отмечал, что преследуя практическую цель: найти замену способу амальгамирования, – не собирался доводить процесс до внедрения, а пытался лишь найти путь к его разработке.

Особый интерес представляет фигура Дж. Элкингтона, поскольку он, во-первых, признан основателем электрохимической промышленности Англии, а во-вторых, единственный из всех награжденных примерно с 1830 г. профессионально работал в области металлических покрытий. Элкингтон был не только фабрикантом, но и занимался изучением и разработкой новых процессов покрытий.

Примерно с 1834 г. Элкингтон приступил к опытам по химическому золочению или, иначе, золочению «мокрым путем». Описание этой работы дано в Донесении и в Динглеровском политехническом журнале [8]. При разработке технологического процесса за основу был взят метод амальгамирования: «Как и процесс позолочения посредством ртути, так и способ г-на Элкингтона подразделяется на три различных операции: 1) отжиг, 2) позолочение, 3) окраска.

Отжиг происходит по известному позолотчикам и обычному для них способу. Приготовление ванны для позолочения составляет новую... часть процесса...

Когда предметы выходят из позолачивающей ванны, их еще раз моют; затем переходят к их окраске способом, употребительным при обычном позолачивании смесей (Курсив мой. – Авт.).

В этой же статье приведено описание метода золочения «посредством ртути», и на основании сравнения двух методов сделан вывод, что «предшествующие самому позолочению и последующие операции те же, что и при позолочении посредством ртути (Курсив мой. – Авт.).» Иными словами, именно из способа амальгамирования Элкингтон позаимствовал такую важную методику, во многом определяющую успех всего процесса, как подготовка поверхности изделия перед покрытием.

На основании данных проверки, предпринятой Парижской Академией наук в 1840–1842 гг., мы определили, что толщина слоя золота, получавшегося путем химического осаждения, достигала, в среднем, 2 мкм, а способом амальгамирования – 20 мкм. Очевидно, что при таких результатах химический способ мог конкурировать с амальгамным только при условии нахождения пути увеличения толщины золотого покрытия.

И все же первоначально Элкингтон связал дальнейшие исследования с совершенствовани-

ем способов химического серебрения и золочения. Однако в дальнейшем встреча с исследователем-любителем Дж. Райтом\* заставила его расширить направление работ. 25 марта 1840 г. братья Г. и Дж. Элкингтоны получили патент под названием «Способы посеребрения и позолочения меди, латуни, железа и т. п.» [9], который впоследствии послужил основанием для присуждения Дж. Элкингтону премии Парижской Академии наук.

С целью выявления возможных точек пересечения традиций в исследованиях Элкингтонов приведем формулу патента так, как она была заявлена: «Первая часть... изобретения... покрытие меди, латуни и т. д. серебром, причем серебро плавится на поверхности подлежащего покрытию металла... Вторая часть... состоит в покрытии или плакировке определенных металлов серебром простым применением раствора серебра или та-кового в соединении с гальваническим током... Третья часть.., состоящая в покрытии или плакировке золотом как при помощи простого применения раствора золота, так и этого раствора в соединении с гальваническим током (Курсив мой. – Авт.)... Четвертая часть относится к подготовке железа... » [10].

Как следует из описания изобретения, Элкингтоны патентовали три различных процесса покрытия, причем два последних – серебрение и золочение, – заявки на которые содержатся в пп. 2 и 3 формулы, аналогичны по своей методике. Процесс серебрения по п. 1 состоит из следующих стадий:

- 1) очистка (обычным способом);
- 2) предварительное серебрение без применения гальванического тока (или по способу, запатентованному Элкингтоном 4 декабря 1837 г., или с помощью горячего раствора азотнокислого серебра);
- 3) прокаливание изделия (для удаления излишков азотной кислоты);
- 4) оплавление (в расплаве буры) с целью получения блестящего, твердого, хорошо сцепленного с медной основой покрытия;
- 5) обработка кипящим раствором серной кислоты (для удаления приставшей буры);
- 6) окончательное отбеливание покрытия (повторным прокаливанием и обработкой кипящей серной или соляной кислотой) или нанесение тонкого слоя серебра с помощью гальванического тока.

Важно подчеркнуть, что *применение гальванического тока на последней стадии не имеет*

самостоятельного значения. Вероятно, и сами исследователи не придавали электролизу слишком большого значения, так как *не включили эту операцию в окончательный вариант п.1 формулы* [10].

Аналогичным образом рассмотрим методики золочения и серебрения по пп. 2 и 3 формулы. При описании основной операции – нанесения покрытия – отмечено: «*Если, как при обычном серебрении, требуется только тонкий слой серебра, то мы предпочитаем применять раствор в кипящем виде, и покрытие образуется...в несколько секунд (до одной минуты),.. для этой степени посеребрения гальванической батареи не требуется. Но если желательно более толстое серебряное покрытие.., то мы предпочитаем тот же самый раствор применять в холодном виде, и получаем тогда более толстый слой серебра с помощью гальванического тока (Курсив мой. – Авт.)*» [10].

Таким образом, анализ технологической схемы Элкингтона показывает, что *применение гальванического тока в ней было необязательным и не имело самостоятельного значения*. По-видимому, сделать решающий шаг в этом вопросе ему помешала слишком сильная связь с практической традицией нанесения металлических покрытий.

В то же время следует отметить, что в настоящее время понятие гальванотехники значительно расширилось по сравнению с рассматриваемым периодом и в него в качестве полноправных направлений вошли зародившиеся в XIX веке химические покрытия и контактное вытеснение металлов.

Анализ работ де Рюольса по гальваническому золочению показал, что основная заслуга этого исследователя состоит в том, что он *впервые осуществил чисто гальванический процесс*. Иными словами, он впервые предложил практическую методику получения металлических покрытий, в которой операция осаждения металла полностью основана на электрохимическом действии электрического тока.

Другая заслуга Рюольса – в том, что он также впервые показал широкие возможности электрохимического метода нанесения покрытий. Начав с золочения изделий из серебра, меди и ее сплавов, он перешел к обработке железа, стали и олова, которые предварительно покрывал тонким слоем меди. Наконец, он показал применимость электрохимического способа к получению серебряных,

\* Дж. Райту приписывают приоритет открытия комплексных цианидных растворов, с введением которых в промышленную практику связывают коренной переворот как в гальванотехнике, так и в гидроэлектрометаллургии.

платиновых, медных, кобальтовых, никелевых, цинковых, оловянных и свинцовых покрытий.

Характеризуя его вклад в разработку технологического процесса электроосаждения металлов, Комиссия отмечала: «Г-н Рюольс счастливым выбором составов, растворяющих металлы, превзошел... всех своих предшественников и соперников. По его методе можно гальванически осаждать почти все металлы одни на другие, ровно и прочно, и главное, удовлетворительно для всех потребностей ремесел и искусств» [7].

Таким образом, переход от лабораторных опытов по электроосаждению металлов (первая стадия) к технологическому процессу, или техническому методу (вторая стадия) произошел, как минимум, при пересечении двух традиций: исследований в области электричества и практических способов нанесения металлических покрытий.

Чем обусловлена оговорка «как минимум»? Дело в том, что описывая период зарождения гальванотехники, мы рассматривали исследования, связанные с изучением действия электрического тока и способов его генерирования как единое научное направление, поскольку вплоть до изобретения гальванопластики практически не было ученых, целенаправленно работавших исключительно в области электроосаждения металлов. Такой подход обусловлен тем, что и электротехника, и соответствующие разделы физики, и электрохимия еще не выделились в качестве отдельных наук и научных направлений.

Обычно исследователи изучали целый комплекс проблем: природу электрических явлений, механизм действия источников тока, разложение электрическим током различных веществ, занимались конструированием новых источников тока. То есть, с современной точки зрения, совмещали исследования по физике, химии, электрохимии, электротехнике. Интересно, что работы Б. С. Якоби историки науки относят, главным образом, к физике и электротехнике, исследования Д. Ф. Даниеля – к электрохимии и электричеству; работы Р. В. Бунзена, изобретателя широко используемого гальванического элемента – к химии.

Таким образом, говоря о работах по электричеству первой половины XIX в., повлиявших на зарождение гальванотехники, имеют ввиду, в сущности, несколько направлений: теоретическую электрохимию, возникновение которой связывают с открытием Л. Гальвани и изобретением А. Вольта, а оформление как количественной науки – с работами М. Фарадея; исследования по электроосаждению металлов; работы, связанные с генерированием электрической энергии за счет химических процессов.

Поскольку, говоря о получении электрической энергии за счет химических процессов, мы касаемся уже области электротехники, отметим, что электротехника как наука и как промышленное производство выделилась в самостоятельную традицию в 1870–1880 гг. [4]. При этом, поскольку главным стимулом их развития стало энергетическое применение электричества *основным путем получения энергии стало преобразование в электрическую механической энергии*. Что же касается получения электрической энергии за счет химических процессов, то это направление, хотя и не потеряло своего значения, является как бы боковой ветвью электротехники. В связи с этим представляется правомерным отнести 1830–1870 гг. к предыстории электротехники.

Выше уже рассматривалось значение исследований в области генерирования электроэнергии для возникновения технологического процесса нанесения электрохимических покрытий. Наиболее отчетливо пересечение электрохимической и электротехнической задач просматривается при анализе изобретения гальванопластики. Так, Б. С. Якоби отмечал, что последнее было случайным следствием работы, проводившейся с целью усовершенствования для практических нужд медно-цинкового элемента Даниеля, с одной стороны, и что оно не могло быть сделано без наличия достаточно мощных и надежных источников тока, какими являлись «постоянные батареи», с другой. Пересечение традиций просматривается и в работах других ученых, внесших большой вклад в развитие гальванотехники. Например, Э. Вестон, занимавшийся химическим никелированием, и предложивший вводить в электролиты никелирования буфер – борную кислоту – одновременно является изобретателем стандартного химического элемента, носящего его имя.

### Литература References

1. Якоби Б.С. Гальванопластика, или способ по данным образцам производить медные изделия из медных растворов помощью гальванизма // Б. С. Якоби. Работы по электрохимии. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1957, с. 58–95.  
Iakoby, B.S. Electroforming or a way to produce copper items from copper solutions using current samples by the method of galvanism // B.S. Iakoby. Writings about electrochemistry. M.; L.: Izdatel'stvo AN SSSR, 1957, P. 58–95.
2. Биндер Ф. Руководство к гальванопластике. СПб., 1887.  
Binder F. The manual to electroforming. SPb., 1887.

3. Буан Э. Гальванопластика, никелирование, золочение, серебрение и электрометаллургия. СПб. 1895.  
Buan A. Electroforming, nickel plating, gold plating, silver plating and electrometallurgy. SPb. 1895.
4. Бернал Дж. Наука в истории общества. М.: Изд-во иностранной литературы, 1956.  
Bernal, J.D. Science in history of society. M.: Izdatel'stvo inostrannoy literature. 1956.
5. Розов М. А. Пути научных открытий // Вопросы философии, 1981, № 8, с. 138–147.  
Rozov, M.A. Ways of scientific discoveries // Issues of philosophy. 1981, №8, P. 138–147.
6. Роудон Г. Предохранительное покрытие металлами. М.: Цветметиздат. Изд. 2, 1932.  
Roudon, G. Protective covering by metals. M.: Tsvetmetizdat. Izd. 2. 1932.
7. Über die neuen Vergoldungsmethoden der HHrn. Elkington und V. Ruolz: ein der frans. Akademie der Wissenschaften von Hrn. Dumas erstatteter Bericht (aus dem Comptes rendus, Nov. 1841, Nr. 22) // Dingler Polit. J., 1842, Hft. 2, S. 125–145.
8. Über Hrn. Elkington's Vergoldung auf nassem Wege; ein der Société d'Encouragement von Hrn. Peligot erstatteter Bericht. (Aus dem Bulletin de la Société d'Encouragement, Sept. 1841, S. 382) // Dingler Polit. J., 1841, Bd. 82, Hft. 2, S. 371–375.
9. Über Elkington's Vergoldung auf nassem Wege (Aus dem Echo du monde savant, 1841, № 666) // Dingler Polit. J., 1841, Bd. 82, Hft. 2, S. 122–124.
10. Verfahrungsarten zum Versilbern und Vergolden des Kupfers, Messings, Eisens usw, worauf sich George Richards Elkington und Henry Elkington, in Birmingham, am 25 M rz 1840 ein Patent ertheilen ließen (aus. dem London Journal of Arts, September 1841, S. 83) // Dingler Polit. J., 1841, Bd. 82, Hft. 2, S. 124–127.

#### Сведения об авторе

**Екатерина Николаевна Будрейко** - кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник; Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова Российской академии наук, 125315, Москва, ул. Балтийская, д.14; budrejko@inbox.ru

#### Information about author

**Ekaterina N. Budreyko** - leading scientific researcher, Institute for the History of Science and Technology of the RAS, 125315, Moscow, Baltiyskaia, 14; e-mail: budrejko@inbox.ru