

VI. Вопросы исторического наследия и подготовки кадров

96-1

РАБОТЫ СОТРУДНИКОВ ФИЗИЧЕСКОГО КАБИНЕТА САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ В РАЗЛИЧНЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СРЕДАХ. ЧАСТЬ I - СТАРТ И ВЫХОД НА «МИРОВОЙ УРОВЕНЬ»

Коржуев М.А.¹, Тихомирова О. Ф.², Темяков В.В.³

¹ ФГБУН ИМЕТ им. А.А.Байкова РАН, ² Политехнический музей, ³ ОАО «Большая Российская Энциклопедия», Москва, Россия
E-mail: korzhuev@imet.ac.ru; ¹ oftih@live.ru; ² vtemyakov@mail.ru

Санкт-Петербургская академия наук (СПб АН), основанная Петром I в 1724, была «младшей сестрой» Берлинской АН (основана в 1700)¹. Обе академии были созданы по плану Г.-В. Лейбница², который имел целью в перспективе обеспечить научное управление обществом европейских государств [1]. Однако, Петра I, в первую очередь, интересовало развитие научного знания в России, с чем он связывал экономическое и военное могущество государства [1].

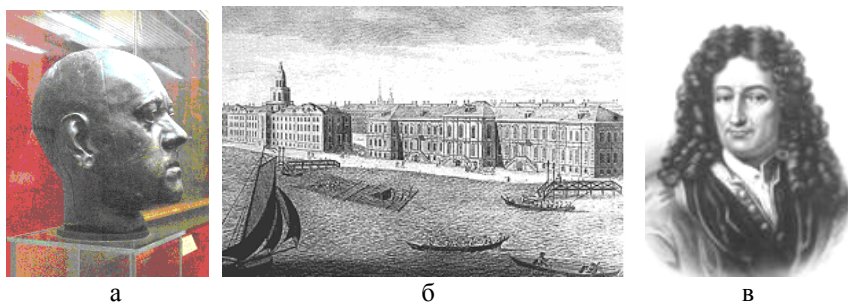


Рис.1. Основатель СПб АН Петр I (гипсовый слепок головы, ГИМ, Москва) (а), Кунсткамера (1714) и дворец царицы Прасковьи (справа) (снесен в 1820 за ветхостью) (б) и главный разработчик проекта Академии Г.-В. Лейбниц (в).

¹ Ближайшим прототипом обеих академий послужила Парижская АН [1].

² Г.В. Лейбниц (G.W. von Leibniz, 1646 – 1716) – немецкий ученый-энциклопедист, идеолог Пан - Европы. Отец – серб-лужичанин, мать – немка. Тайный советник юстиции России (с 1712) с пожизненным пенсионом 2000 гульденов/год. По просьбе Петра I разработал для России также проекты «Табели о рангах» (введена в 1721) и «Института Коллегии», изучил родословную российских царей [1].

В результате СПб АН, образованная Петром I, приобрела черты государственной «ученой коллегии», имеющей целью также подготовку научных кадров. Академия имела твердый государственный бюджет,³ подбор кандидатов на академические вакансии отличался строгостью и иногда растягивался на несколько лет.⁴ Одним из ведущих подразделений СПб АН стал ее Физический кабинет (ФК) (рис.2), образованный на основе коллекции физических приборов, собранных Петром I в Кунсткамере (1713- 1723) (рис.1б) [2].⁵ Роль ФК в быстром «выращивании» отечественной науки была подробно рассмотрена ранее [2]. Ниже дан обзор работ сотрудников ФК СПб АН (1740 - 1804) (рис.2) по исследованию термоэлектрических (ТЭ) эффектов в диэлектриках.



Рис.2. Руководители ФК СПб АН в различные годы: Г.-Б. Бильфингер (1726- 1730), Л.Эйлер (1731- 1733), Г.-В. Крафт (1733- 1744), Г.-В. Рихман (1744- 1753), Ф.У.Т. Эпинус (1757- 1765), И.Л. Эйлер (сын) (1765- 1771), В.Л. Крафт (сын) (1771- 1810), В.В.Петров (1810- 1827). а - г – официальные портреты РАН [3], е, ж – силуэты Антинга (1784) [4], д – предполагаемое изображение Эпинуса, гравюра Н. Анселина: «Экзугумация останков Петра II. 1796 .» [5], з - портрет – фантазия (неизвестный художник, 19 век).

³ На первом этапе финансирование СПб АН (в сумме 24.912 руб.) производилось за счет налогов с городов Лифляндии – Нарвы, Дерпта, Пернова и Арнсбурга [1].

⁴ Первые академики приглашались в СПб АН, в основном, из лютеранской Северной Германии [1].

⁵ Первоначально ФК располагался в Кунсткамере и во дворце царицы Прасковьи (рис.1б), а после пожара 1747 в Кунсткамере – в доме Строганова [2].

Первые руководители ФК (акад. Бильфингер и Эйлер) обеспечили подготовительный этап исследований – закупку приборов, подготовку научных кадров и учебных пособий [2]. Это позволило акад. Крафту уже с 1733 г. проводить в ФК высококачественные тепловые измерения [2].⁶ В 1744 г., после отъезда Крафта в Германию, ФК перешел в ведение его ученика, акад. Г.-В. Рихмана,⁷ который одним из первых в мировой практике приступил к количественному исследованию перекрестных эффектов «тепло- электричество» в различных физических средах [6-7]. Для измерений Рихман использовал изобретенный им «электрический указатель» (ЭУ) (электростатический электрометр) (рис.2а).

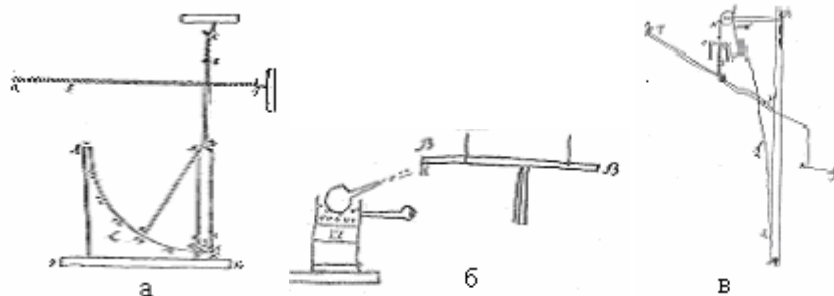


Рис.3. Научные приборы Рихмана: а - «Электрический указатель», б - эолипила («пародувка») Герона, с - «громовая машина» (ГМ) Франклина - д'Алибара (оригинальные рисунки Рихмана) [6].

Результаты исследований ТЭ и родственных эффектов, выполненных Рихманом в ФК СПб АН, приведены в табл.1 [5- 7]. Рихман получил первые количественные характеристики электрической поляризации диэлектриков - трибоэлектриков и термоэлектриков (сера, смолы), а также установил тождественность «электричества», полученного путем трения и нагрева. Он обнаружил также влияние температуры образцов на их трибоэлектрические характеристики, указав тем самым на важную роль нагрева в пространственном разделении электрических зарядов при трении образцов. Кроме того, Рихман первым подробно исследовал условия сохранения зарядов в зависимости от влажности помещения, а также

⁶ Г.-В. Крафт опубликовал около 50 работ по теплофизике и метеорологии, в том числе сделал тепловые расчеты «Ледяного дома».

⁷ Рихман (1711- 1753) считается первым профессором СПб АН, родившимся в России. Его родной город Пернов в Лифляндии (сейчас Пярну, Эстония) был взят войсками Петра 1 в 1710 и присоединен к России по Ништатскому миру (1722) [1].

близости образцов к открытому огню [6, 7]. После открытия Франклиным атмосферного электричества (АЭ) (1752), Рихман совместно с М.В.Ломоносовым (1711-1765) и Х.- Г. Кратценштейном (1723—1795) начал его экспериментальное изучение с помощью «громовых машин» (ГМ) (рис.3в) [6]. Эта работа увенчалась рядом крупных открытий [6]. Были получены новые данные о природе грома и молнии, подтверждена тождественность «природного» и «искусственного» электричества (Рихман), обнаружено электрическое поле Земли (Ломоносов) (одновременно с Лимонье), успешно развивалось новое направление - применение «электричества» в медицине (Кратценштейн) [6].

Таблица 1
ТЭ и родственные эффекты, обнаруженные/ исследованные Рихманом [6]

№	Эффект	Год	Лит.
1	Проводящие свойства пламени и дыма	1746	[6]
2	Усиление трибоэлектрического эффекта при нагреве пар трения	1746	[6, 7]
3	Электризация металлов трением с использованием материала- посредника (стекла)	1746	[7]
4	Термоэлектрический эффект в сере и смолах	1746	[5- 7]
5	Пространственное разделение зарядов при испарении воды (следы эффекта)	1753	[6- 7]
6	Пробой воздуха, вызванный эффектами (1) и (5)	1753	[6- 7]

Однако, 26 июля 1753 г. при измерении электрического поля отдаленной тучи Рихман трагически погиб от разряда АЭ [6]. При приближении ученого к ГМ на близкое расстояние ($d \sim 30$ см) произошел электрический пробой воздуха в промежутке «ЭУ– лоб Рихмана». Пробой сопровождался образованием особого типа электрического разряда - положительного плазменного стримера (ППС), отличающегося повышенной длительностью (~ 1 с) и малым сопротивлением «шнура» (а и б, рис. 4) [7, 8]. Развитию ППС способствовало редкое сочетание ряда неблагоприятных факторов. Это - положительный заряд тучи над домом, пиковый рост напряжения на антенне ГМ, вызванный периферийной молнией, сырость помещения и одежды и др. Среди них были также два ТЭ эффекта - 1) рост проводимости атмосферы из-за топившейся печи и задымленности помещения, и главное – 2) высокая концентрация протонов $P^+ \sim 10^{12}$ см⁻³ в разрядном промежутке, вызванная эффектом пространственного разделения зарядов при испарении воды в процессе дыхания ученого [7]. Следы последнего эффекта Рихман обнаружил ранее

в опытах с эолипиллой (рис 3б), однако низкая чувствительность ЭУ не позволила точно определить величину эффекта [6].⁸

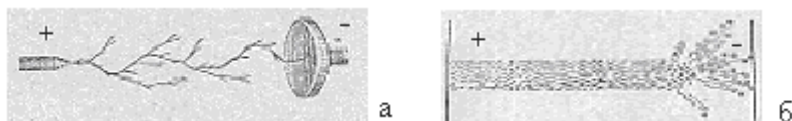


Рис.4. Общий вид искрового (кистевого) разряда (И (К)) (а) и положительного плазменного стримера (ППС) (б) [8].

В табл.2 приведены характеристики поражающих факторов разрядов, испытанных Рихманом (1), а также Соколовым (2) и Ломоносовым (3) во время грозы 26 июля 1753 [7, 9]. Гравер Соколов в момент разряда стоял в метре от Рихмана и получил многочисленные ожоги спины от падающей проволоки. В то же самое время, Ломоносов, производивший опыты с АЭ на открытом крыльце своего дома в 1 км от дома Рихмана, практически не пострадал [6, 9]. Согласно оценкам, Рихман (поражающий фактор Ленца $L \sim 0,3$, табл.2) в момент разряда получил от антенны мощность, близкую к максимально возможной мощности ($L = 0,5$). При этом поражающий ток ($I \sim 3$ А) существенно превышал смертельное значение ($I = 0,1$ А) (табл.2) [7]. В то же время, Соколов ($U_1 \sim 100$ кВ) и Ломоносов ($U_1 \sim 25$ кВ)⁹ из-за меньшей ионизации окружающего их воздуха испытали обычные И (К) разряды. Эти разряды отличались меньшей длительностью и диаметром «шнура» (рис.4а), в результате они оказались менее опасными ($L \sim 0,01$). Однако для Соколова ($U_1 \sim 100$ кВ) и в этом случае ток разряда также был близок к смертельному значению ($I \sim 0,1$ А), что объясняет сильный испуг и паническое бегство гравера с места происшествия [6, 9].¹⁰ Согласно [9], при наблюдении Ломоносовым грозы 12 июня 1753 г. в Усть-Рудицах напряжение антенны также достигало $U_1 \sim 100$ кВ, однако ученый использовал защитное приспособление (топор с сухим деревянным топоричем) и также не пострадал ($L \sim 10^{-4}$, табл.2) [9]. Инцидент 26 июля 1753 привлек внимание мировой научной общественности к работам по физике в СПб АН [9, 10]. Стало ясно, что к 1753 г. сотрудники ФК СПб АН в проведении

⁸ Позже эффект заново обнаружил А.Вольта (1770) [7], ППС в лабораторных условиях впервые получил Плантэ, исследовавший электрические пробы воздуха над жидким электролитом (1883) [8, 10].

⁹ В момент пикового разряда 26 июля 1753 ($U_1 \sim 100$ кВ) Ломоносов обедал [9].

¹⁰ Соколова, видимо, спасла верхняя одежда.

электрических и тепловых измерений достигли «мирового уровня», а в некоторых случаях и превысили этот уровень [2, 10]. Для выхода на «мировой уровень» ФК СПб АН потребовалось ~ 25 лет напряженной работы сотрудников и смена 3-х поколений ученых (рис.2) [2].

Таблица 2

Сравнительные характеристики поражающих факторов в момент разрядов АЭ, испытанных Рихманом (1), Соколовым (2) и Ломоносовым (3) во время грозы 26 июля 1753 г. в СПб (* - гроза 12 июня 1753 в Усть-Рудицах) [9].¹¹

№	Тип разряда	U_1 , кВ	R_1 , кОм	U_2 , кВ	I_2 , А	W_2 , кВт	t_p , с	A , Дж	L
1	ППС	100	~ 24	~ 30	~ 3	$\sim 10^3$	1	10^6	0,3
2	И (К)	100	10^3	1	$\sim 0,1$	$\sim 0,1$	10^{-3}	10^{-1}	0,01
3	И (К)	25 100*	10^3 10^3	0,25 0,01	0,02 10^{-3}	0,005 10^{-5}	10^{-3} 10^{-3}	$5 \cdot 10^{-6}$ 10^{-5}	0,01 10^{-4}

ЛИТЕРАТУРА

1. Князьков С. Очерки из истории Петра Великого и его времени. СПб.: Издание книжного магазина П.В.Луковкина. 1914.. 648 с.
2. Вавилов С.В. УФН, 1947. т.28. №1. с.1 -50.
3. Персональный состав АН СССР (1724-1917). М.: Наука, 1974. 480 с.
4. Модзалевский Б.Л. Список членов императорской Академии наук (1725 – 1907). СПб: Типография Академии наук, 1908. 404 с.
5. Коржуев М.А.,Темяков В.В. В сб.: Термоэлектрики и их применения. Ред. М.И. Федоров, Л.Н.Лукьянова. СПб.: ПИЯФ. 2013. с.208- 213.
6. Рихман Г.-В. Труды по физике. М, АН СССР, 1956, 712 с.
7. Коржуев М.А.,Темяков В.В. Термоэлектричество, 2014. №1.с.90- 104.
8. Путилов К.А. Курс физики. М.: ГИФМЛ. Т.2. 1963. 584 с.
9. Ломоносов М.В. Избранные труды по химии и физике. М: АН СССР.1961. 560 с.
10. Червинский П.Н. Природа,1954. №8. с.116.

¹¹ Здесь $R_1 = \rho l/s$, $R_2 = 10^4$ Ом, $R_3 = 10^3$ Ом, $R_4 = 10^8$ Ом и $R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$ – эффективные сопротивления разрядного промежутка, человеческого тела, заземления, топорича, и общее сопротивление цепи в момент разряда; $\rho = 1$ Ом. м – удельное сопротивление слабо ионизированной плазмы; $l = 0,3$ м – длина разрядного промежутка; $s = \pi d^2/4$ и d – площадь и диаметр разрядного шнура $d \sim 1$ мм для № 2 и № 3, и ~ 4 мм для №1); $U_1, U_2 = U_1 R_2/R$, $I_2 = U_2/R$, $W_2 = U_2 I_2$ – напряжение на антенне [7, 9], напряжение, ток и мощность, выделяющаяся на R_2 ; t_p и A – время разрядов и результирующая энергия, $L = R_2/R$ – фактор Ленца.