

# Исследование процессов на установке импульсного плазменного электролиза

А.Г. Пархомов

**Аннотация**—Дано описание установки, на которой исследован плазменный электролиз при различных режимах работы реактора (погружение в электролит, легкое касание, небольшой зазор, различная полярность центрального электрода, различная емкость конденсатора, однократный разряд или продолжительная работа). Описана методика определения отношения выделяющегося тепла к поглощенной реактором электроэнергии. Значение больше 100% найдено только в случае, когда анод не касается электролита, а находится от него на небольшом расстоянии. В других случаях тепла примерно столько же, сколько затрачивается электроэнергии или немного меньше. Приведены результаты анализа элементного состава электролита до и после плазменного электролиза.

## I. ВВЕДЕНИЕ

Начиная с Флейшмана и Понса [1], электролиз широко исследуется как возможный процесс для осуществления холодной трансмутации ядер (ХТЯ). Особенно привлекательным является так называемый «плазменный электролиз», при котором плотность тока настолько большая, что около электрода возникает плазменное образование. Теоретическое исследование процессов, происходящих в процессе плазменного электролиза, содержится в статьях [2], [3]. Особенно сильные эффекты происходят в процессе импульсного электроразряда, когда давление может повышаться до сотен атмосфер, а температура до десятков тысяч градусов, возникают ударные волны и кавитация [4]. Понятно, что столь экстремальные условия привлекают исследователей ХТЯ. И действительно, в процессе плазменного электролиза были зарегистрированы избыточное тепловыделение [5], [6], [7], [8], [9], появление трития [5], [10], [11], других изначально отсутствующих нуклидов [12], [8] а также эффекты на устройствах, регистрирующих ядерное излучение [5], [6], [12].

Чтобы лучше понять, что происходит в устройствах такого рода, создана установка, позволяющая исследовать различные режимы плазменного электролиза.

Оригинальная публикация: Пархомов А.Г. Исследование процессов на установке импульсного плазменного электролиза. - Материалы 20 Российской конференции по холодной трансмутации ядер и шаровой молнии. Лоо, Сочи, Краснодарский край, 29 сентября - 6 октября 2013, с. 65-76. [alexparh@mail.ru](mailto:alexparh@mail.ru).

Особое внимание уделено определению соотношения выделенного тепла и поглощенной электроэнергии.

## II. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

В качестве источника питания использован повышающий трансформатор мощностью 60 Вт с диодным выпрямителем. Этот источник дает напряжение до 1300В. Схема установки показана на рис. 1. Конденсатор, использованный для накопления электроэнергии, обычно имел емкость 50 мкФ, но в ряде опытов использованы конденсаторы емкостью от 0,2 до 160 мкФ. Величина тока в цепи конденсатор – реактор определяется по падению напряжения на сопротивлении 0,01 Ом. Заряжающий конденсатор ток контролируется по падению напряжения на сопротивлении 1 Ом. Для измерения напряжения на конденсаторе использован делитель 1М / 1к.

Реактор состоит из стеклянного сосуда, в который налит электролит. В качестве электролита обычно использовалось 50 мл 10% раствора карбоната натрия (сода). Но ряд экспериментов проведен также с раствором гидроксида натрия, карбоната калия и с чистой водой. Центральным электродом – анодом служит заостренная молибденовая проволока диаметром 1 мм. Катод цилиндрической формы сделан из никелевой фольги. В крышку вставлены три трубки. Через одну из них можно пополнять электролит, в другую вставлена термопара, а третью можно использовать для отвода пара и газов, образующихся в процессе работы установки.

Если замкнуть ключ К1, зарядить конденсатор, разомкнуть этот ключ и замкнуть ключ К2, произойдет единичный разряд. При замыкании обоих ключей установка может функционировать в режиме продолжительной работы. В качестве К2 использован ртутный выключатель, позволяющий коммутировать большие токи. Для регистрации тока и напряжения использован двухканальный компьютерный осциллограф PCSU200, позволяющий получать не только осциллограммы, но и записывать в память компьютера данные в цифровой форме. Для продолжительной записи сигналов использован четырехканальный компьютерный самописец-регистратор PCS10.

Помимо тока и напряжения на аноде, установка позволяет контролировать альфа, бета, гамма и рентгенов-

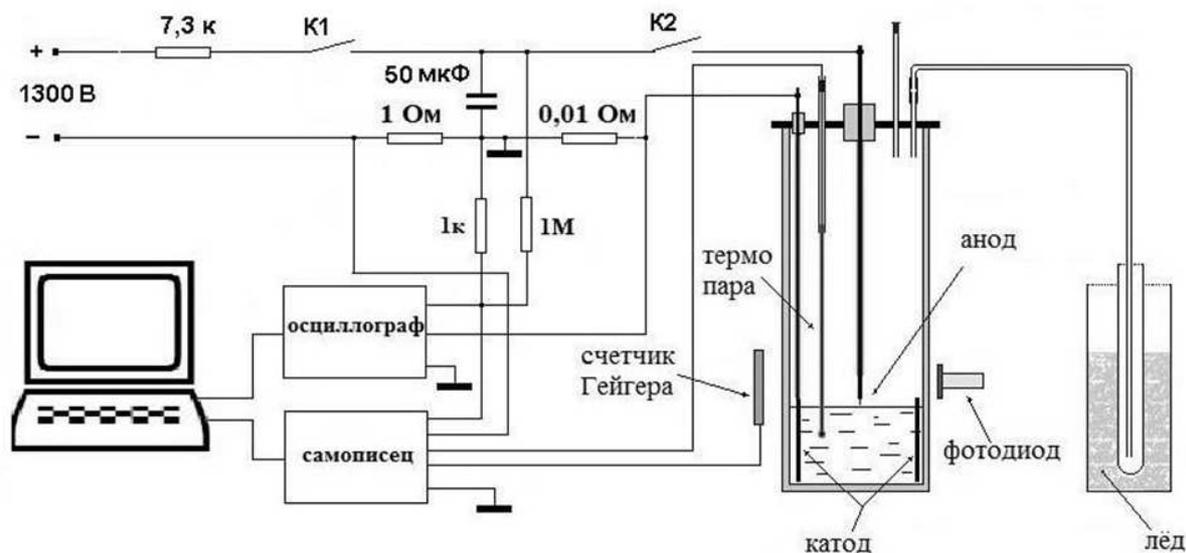


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

ское излучение при помощи счетчика Гейгера СИ-8Б с тонким слюдяным окном. Для регистрации световых явлений использован фотодиод.

### III. ЭФФЕКТЫ, НАБЛЮДАВШИЕСЯ ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ УСТАНОВКИ В РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ

Когда анод опущен в электролит на глубину около 5 мм, в момент подачи напряжения происходит всплеск, после чего начинается выделение пузырьков на аноде и особенно сильно на катоде.

На рис. 2 показано, что при этом происходит с напряжением и током на аноде. После подачи напряжения наблюдается импульс с величиной тока в максимуме до 70 А и несколько импульсов затухающей амплитуды и уменьшающимся периодом. После завершения серии импульсов происходит низковольтный электролиз при токе около 150 мА. Такой характер процесса можно объяснить тем, что достаточно сильное тепловыделение вызывает появление около анода электроизолирующей парогазовой оболочки, разрывающей цепь. Прекращение подвода энергии приводит к разрушению этой оболочки примерно через 15 мс. Так как конденсатор разрядился не полностью, происходит повторный электроразряд и повторное формирование парогазовой оболочки. Это повторяется до тех пор, пока оставшейся на конденсаторе энергии станет недостаточно для формирования парогазовой оболочки. После этого происходит обычный низковольтный электролиз. Из-за того, что сопротивление анод-катод мало, почти все напряжение падает на внутреннем сопротивлении источника питания (7,3 кОм) и выделяющаяся около анода мощность невелика (около 1 Вт).

Повысить мощность, выделяющуюся около анода, можно двумя путями. Первый путь – изолировать большую часть анода от электролита, оставив лишь маленький кончик. Для этого надо надеть на анод

изолирующую трубку. При работе реактора с таким электродом в толще воды возникает светящаяся область размером порядка 1 см, вода мутнеет, заполняясь мелкими пузырьками, из электролита вылетают брызги.

На рис. 3 показаны осциллограммы, полученные в этом процессе. Ток имеет характер импульсов длительностью 200-300 мкс с периодом около 1 мс. Величина тока в импульсе до 10 А. Амплитуда импульсов многократно возрастает при увеличении напряжения от 500 до 550 В.

Другой путь повышения мощности вблизи анода – не опускать анод глубоко, а лишь слегка коснуться заостренным кончиком поверхности электролита. При работе установки в таком режиме происходит сильное разбрызгивание электролита. Во всем объеме электролита видно множество маленьких пузырьков. В области контакта наблюдается область, светящаяся желтым цветом, а по аноду бежит «змейка» голубого цвета. Постепенно надэлектролитное пространство заполняется туманом. Помимо этого, с периодичностью 2-3 минуты происходят вспышки, охватывающие все надэлектролитное пространство. Скорее всего, это связано с возгоранием образующегося на катоде водорода. После нескольких часов работы установки можно заметить появление осадка черного цвета.

Осциллограф показывает (рис. 4), что в таком режиме происходит череда разрядов длительностью около 1 мс при токе до нескольких десятков ампер. Энерговыделение в каждом разряде 2-3 Дж. Таких разрядов происходит 20-30 в секунду.

Особенно сильные эффекты наблюдаются, когда между анодом и поверхностью жидкости до подачи напряжения есть зазор в десятые доли миллиметра: происходит ослепительная вспышка белого света, сопровождаемая сильным звуком и всплеском электро-

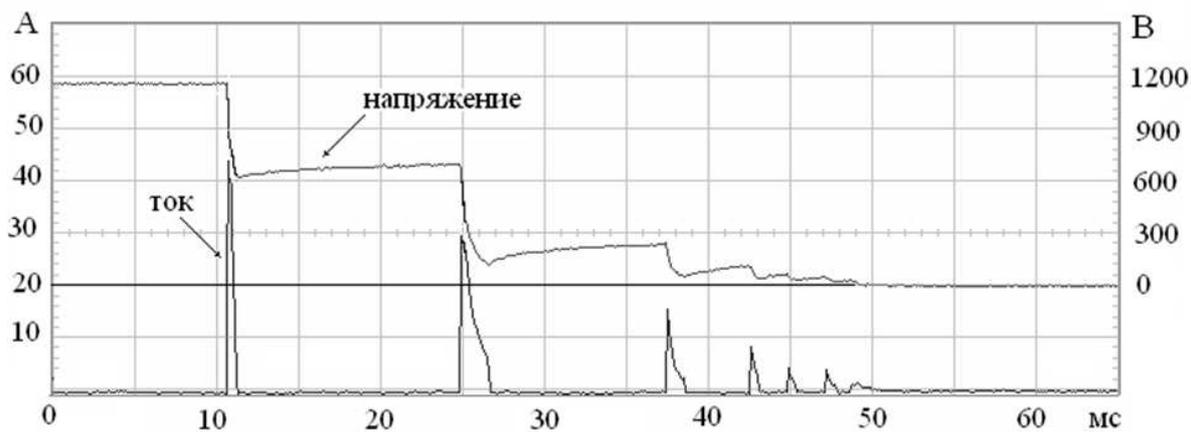


Рис. 2. Осциллограмма тока и напряжения на аноде в начальной стадии разряда, когда анод погружен в 10% раствор  $Na_2CO_3$  на глубину 5 мм.

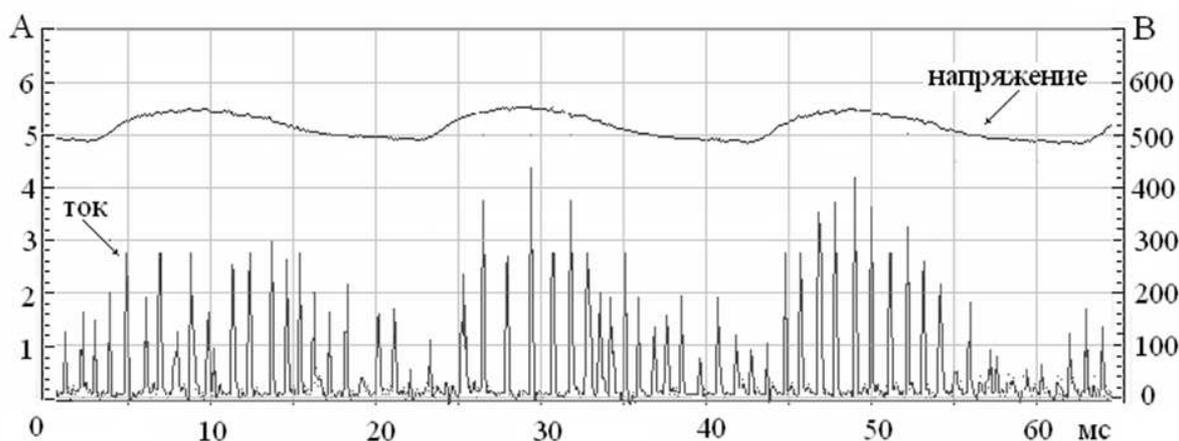


Рис. 3. Осциллограммы тока и напряжения на аноде, когда анод кроме кончика изолирован от электролита

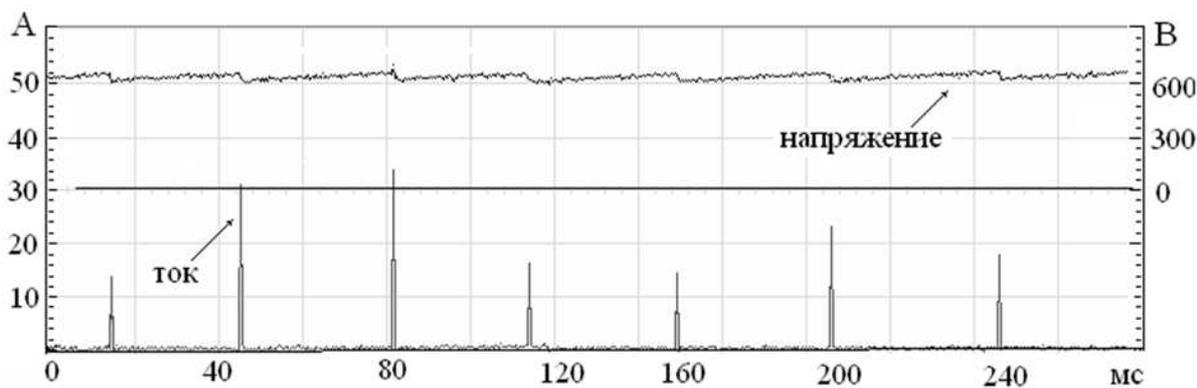


Рис. 4. Импульсы тока в режиме продолжительной работы с анодом, слегка касающимся электролита

лита. Разряд развивается не сразу, а через несколько миллисекунд после подачи на анод высокого напряжения. Величина тока в импульсе намного больше, чем в предыдущих случаях (до 1000 А) при длительности около 50 мкс (рис. 5). Здесь помимо осциллограммы, полученной при использовании в качестве электролита раствора соды, показана осциллограмма, полученная

при использовании гидроксида натрия. Видно, что в обоих случаях ход процесса примерно одинаковый.

На рис. 6 показано, как меняется интенсивность света, сопровождающего электроразряд, когда анод отделен от поверхности электролита небольшим зазором. Интенсивность вспышки столь велика, что во избежание перегрузки фотодиод пришлось защищать

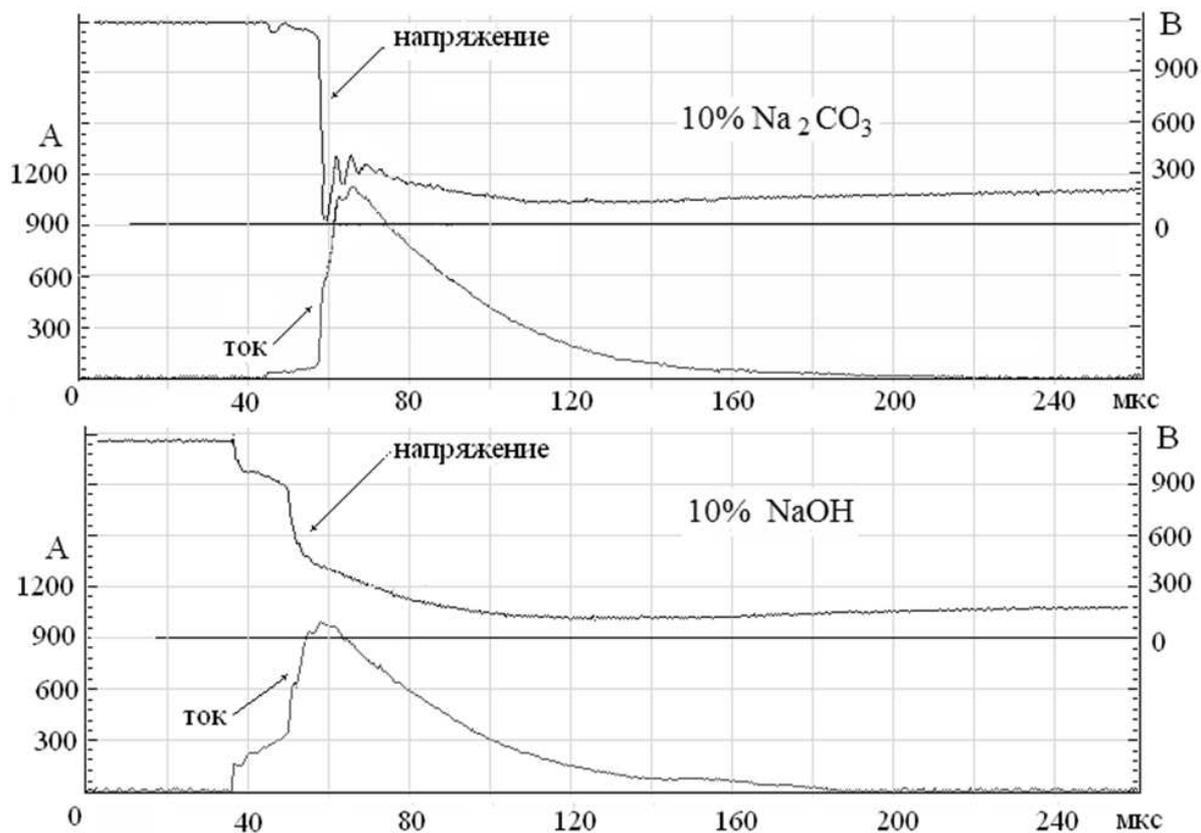


Рис. 5. Осциллограммы сигналов, когда острие анода находилось на расстоянии около 0,5 мм от раствора.

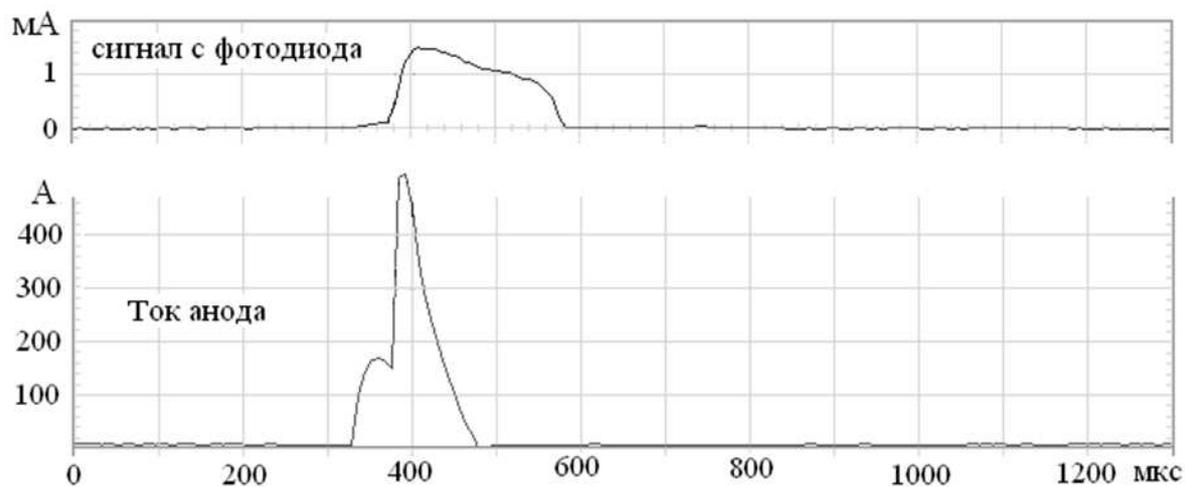


Рис. 6. Осциллограммы тока анода и сопровождающей электроразряд вспышки света. Анод отделен от поверхности электролита зазором около 0,5 мм.

черной бумагой с дырочкой диаметром 0,1 мм. Световая вспышка продолжается примерно 100 мкс после окончания импульса тока.

Следует отметить, что вспышки света «в режиме касания», в отличие от вспышки с зазором, намного слабее, имеют желтый цвет и по форме подобны импульсу тока.

Если на центральный электрод при легком касании поверхности электролита подать не плюс, а минус, после одной или нескольких вспышек разряд начинает напоминать горение пламени. Центральный электрод раскаляется докрасна. По - видимому, такой характер процесса связан с тем, что, так как центральный электрод стал катодом, на нем выделяется водород, который тут же сгорает. Осциллограф показывает, что

первоначальные вспышки связаны с импульсами тока до 100А продолжительностью порядка миллисекунды. В дальнейшем устанавливается режим хаотических всплесков тока.

Если в качестве электролита использована чистая вода (бидистиллят), при положительной полярности центрального электрода при легком касании поверхности электролита наблюдается компактная ярко светящаяся область голубого цвета размером порядка 1 мм, электрод постепенно раскаляется докрасна. Слышно тихое шипение.

Совсем иная картина с чистой водой и минусом на центральном электроде. Процесс начинается с одиночной вспышки, потом светящаяся область постепенно расширяется, достигая диаметра 2-3 см. Электрод раскаляется докрасна. Можно предположить, что это связано не только с электроразрядами, но и со сгоранием выделяющегося на катоде водорода в результате электролиза водорода.

В обоих случаях при использовании чистой воды разряд происходит при напряжении 600-700В. В отличие от электролитов с растворами гидроксида и карбоната натрия, здесь нет сильных импульсов тока. Ток хаотически флуктуирует при среднем значении около 100 мА.

#### IV. СООТНОШЕНИЕ ТЕПЛОТЫДЕЛЕНИЯ В ПЛАЗМЕННОМ ЭЛЕКТРОЛИЗЕ И ЗАТРАЧЕННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Зная температурный отклик установки на калибровочный нагрев джоулевым теплом, который можно определить путем пропускания тока через резистор, измерение выделяемого в процессе плазменного электролиза тепла с погрешностью несколько процентов не представляет большой проблемы. Сложнее определить, сколько электроэнергии поглощается именно реактором, а не теряется в проводах, трансформаторах или иными путями. В ряде экспериментов [6], [11], [9] для оценки потребленной электроэнергии использован электросчетчик, включенный до трансформатора. Но при этом возникают вопросы, связанные с надежностью получаемых результатов. В экспериментах с плазменным электролизом надежное измерение затраченной реактором электроэнергии осуществить непросто в виду того, что она потребляется импульсами нестабильной формы и амплитуды, а электросчетчик дает точные результаты лишь для синусоидального тока с частотой 50 Гц. Проблема осложняется потерями энергии в конденсаторе, зависящими не только от тока разряда, но и от формы и длительности импульсов.

В этом исследовании определение потребляемой реактором электрической мощности было сделано путем перемножения мгновенных значений тока и напряжения, одновременно измеренных непосредственно на электродах реактора. Это стало возможным благодаря тому, что использованный самописец позволяет не только изображать на экране компьютера ход

Таблица I

ФРАГМЕНТ ЗАПИСИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА НА АНОДЕ РЕАКТОРА, СДЕЛАННЫХ ПРИ ПОМОЩИ КОМПЬЮТЕРНОГО ОСЦИЛЛОГРАФА PCSU200 (ПЕРВЫЕ ТРИ СТОЛБЦА) И РАСЧЕТ МГНОВЕННОЙ МОЩНОСТИ И ПОТРЕБЛЕННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ (ПОСЛЕДНИЕ ДВА СТОЛБЦА)

мксек	вольт	ампер	Вт	Дж
159.04	1163	0.0	0	0
159.20	1163	0.0	0	0
159.36	656	0.0	0	0
159.52	1022	206.3	210762	0.034
159.68	1041	178.1	185361	0.063
159.84	1041	168.8	175605	0.091
160.00	1050	168.8	177188	0.120
160.16	1041	159.4	165850	0.146

сигналов, но и записывать в память мгновенные значения измеряемых величин с задаваемой периодичностью вплоть до десятых долей микросекунды. Потребленная электроэнергия определяется численным интегрированием.

В таблице 1 в качестве примера показан фрагмент таблицы с результатами измерений около момента включения разряда в режиме легкого касания анодом поверхности электролита. Первые три столбца время, ток и напряжение – данные осциллографа. Четвертый – результат перемножения тока на напряжение, т.е. мощность. Пятый – результат умножения мощности на интервал времени между замерах, плюс значение в этом столбце на одну строку выше. Это и есть потребленная реактором энергия.

Эксперименты по определению тепловыделения и затраченной электроэнергии были проведены для разных режимов работы реактора. На рис. 8 в качестве примера показаны записи самописца, полученные при тепловых измерениях работы реактора в режиме легкого касания анодом поверхности электролита. Реактор был окружен теплоизоляцией из синтетической ваты. Прежде всего, был сделан калибровочный нагрев резистором, погруженным в электролит, позволяющий определить чувствительность системы к тепловыделению. Затем были сделаны аналогичные измерения с включенным разрядом. Мощность и затраченная электроэнергия определялись по данным компьютерного осциллографа. Тепловыделение определялось по величине изменения сигнала, снимаемого с термопары, пользуясь уже измеренной при калибровочном измерении чувствительностью системы.

Сопоставление выделенного тепла и затраченной электроэнергии было сделано, кроме того, способом, подобным способу, примененному в экспериментах Ю.Н. Бажутова – путем измерения количества испарившейся воды при кипении электролита [5], [6]. Для снижения потерь тепла реактор был окружен теплоизоляцией из синтетической ваты. Пар отводился через пластиковую трубку и конденсировался в пробирке, охлаждаемой тающим льдом. Помимо нагрева разрядом в режиме легкого касания поверхности электролита анодом, был сделан аналогичный эксперимент, но

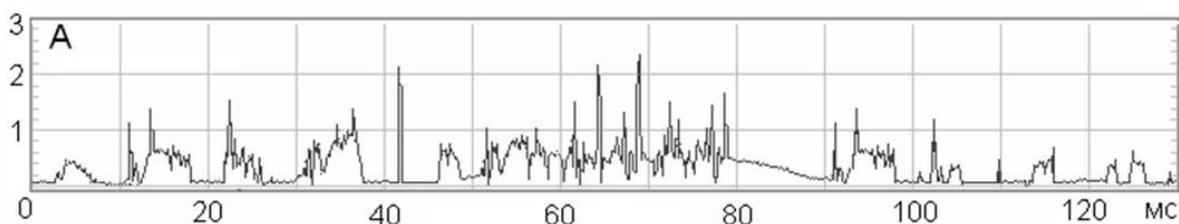


Рис. 7. Оциллограмма тока при отрицательном напряжении на центральном электроде реактора.

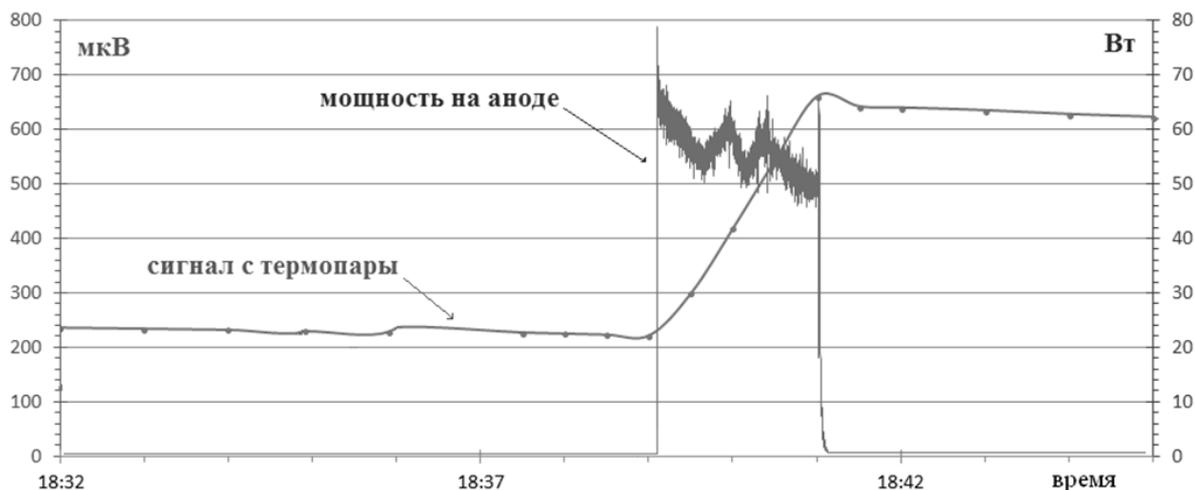


Рис. 8. Пример записи сигнала с термопары при включении разряда и потребляемая реактором мощность.

с нагревом джоулевым теплом при помощи резистора, погруженного в электролит.

Особый интерес представляет измерение тепла, выделяющегося в одиночном разряде. Однако вышеописанный реактор дает слишком маленький температурный отклик на единичный разряд. Поэтому для таких исследований был изготовлен специальный реактор небольшой массы, содержащий всего 10 мл электролита. Он тоже имеет анод из заостренной молибденовой проволоки и никелевый катод. Реактор оснащен термопарой из четырех термопар медь-константан и окружен слоем синтетической ваты. Использовались такие же электролиты, как и на большом реакторе. Схожесть оциллограмм свидетельствует о том, что процессы в обоих реакторах протекают аналогично. На рис.9 показаны примеры записей самописца, полученных при измерениях с одиночными разрядами.

В таблице 2 показаны результаты определения теплового коэффициента (отношения выделяющегося тепла к поглощенной реактором электроэнергии) для различных режимов работы реактора (погружение в электролит, легкое касание, небольшой зазор, различная поляризованность центрального электрода, различная емкость конденсатора, однократный разряд или продолжительная работа). Видно, что значение больше единицы, т.е. превышение тепла, имеет место только в случае, когда анод не касается электролита, а находится от него на небольшом расстоянии. В других случаях тепла

примерно столько же, сколько затрачивается электроэнергии или немного меньше. Можно предположить, что это связано с тем, что часть энергии тратится на разложение воды на водород и кислород в результате электролиза или пиролиза. Подтверждением появления водорода служат периодические всплески в надэлектролитном пространстве при достаточно длительной работе реактора.

Особенностью режима, при котором обнаружено превышение выделившегося тепла над затраченной электроэнергией, является то, что в этом случае достигается максимальная плотность тока – порядка  $100000 \text{ A/cm}^2$ . Все другие режимы обеспечивают плотность тока значительно меньше. Замечу, что именно высокая плотность тока отличает эксперименты Бажутова [5], [6], Великодного [9], Уруцкоева [13], Адаменко [14], Вачаева [8], которые наблюдали аномально большие тепловыделения и иные явления, характерные для ХТЯ.

В таблице 3 показаны результаты анализа содержания элементов в электролите до экспериментов, а также в электролите и осадке, после 8 часов работы реактора в режиме «легкого касания». Анализ сделан методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой. Появление в растворе и осадке молибдена и никеля объясняется переходом этих элементов из электродов. Можно предположить, что небольшое количество железа и меди появилось

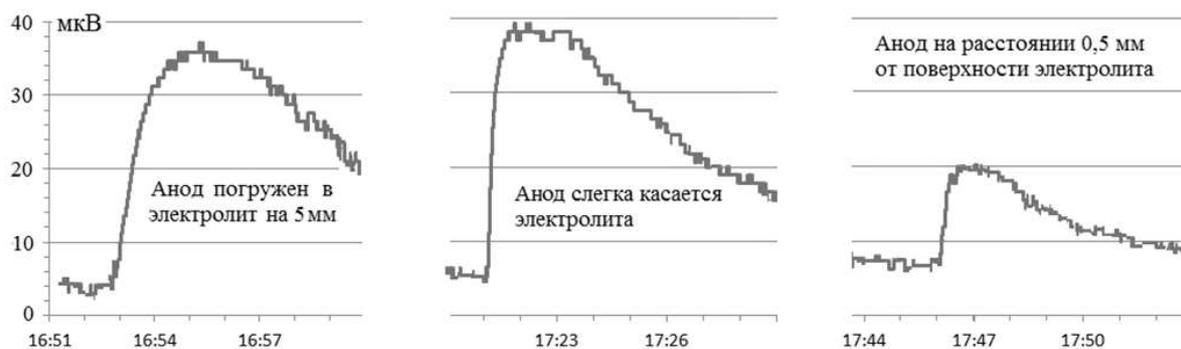


Рис. 9. Сигналы с термопар от однократных разрядов при различных режимах реактора. Электролит – 10% раствор NaOH

Таблица II  
Соотношение выделенного тепла и затраченной электроэнергии при различных режимах работы реактора

Электролит	Положение электрода	Режим	+ или -	Макс. ток, А	Емкость, мкФ	Тепловой коэф-т
$Na_2CO_3$	погружен	длит.	+	0.18	50	0.84-0.88
$Na_2CO_3$	погружен	один разряд	+	35	50	1,02-1,05
$NaOH$	погружен	один разряд	+	300	50	0.86-0.97
$Na_2CO_3$	касается	длит.	+	20	50	0.85-0.99
$Na_2CO_3$	касается	длит.	+	70	0,2	0.67-0.71
$Na_2CO_3$	касается	длит.	-	250	50	0.89-0.98
$Na_2CO_3$	касается	один разряд	+	20	50	0.83-0.95
$NaOH$	касается	один разряд	+	120	50	0.82-0.92
$H_2O$	касается	длит.	+	0.17	50	0.61-0.66
$H_2O$	касается	длит.	-	1,2	50	0.87-0.99
$Na_2CO_3$	зазор	один разряд	+	1100	50	<b>1,44-3,9</b>
$NaOH$	зазор	один разряд	+	1030	50	<b>1,33-1,43</b>

V. ИЗМЕРЕНИЕ РАДИАЦИИ

Использовался счетчик СИ-8Б с окном из тонкой слюды, позволяющий регистрировать альфа, бета, гамма и рентгеновское излучения. Следует отметить, что счетчики Гейгера являются наиболее помехоустойчивыми детекторами ионизирующих излучений, поскольку обладают очень высоким внутренним усилением и выдают импульсы, не требующие высокочувствительных усилителей. Низкая чувствительность к помехам в экспериментах с плазменным электролизом очень важна, так как, очевидно, килоамперные и киловольтные импульсы неизбежно дают сильнейшие помехи.

В описываемых экспериментах обычно скорость счета заметно не отличалась от фоновой. Импульсы тока и импульсы со счетчика появлялись независимо. Но иногда наблюдалось возрастание скорости счета импульсов примерно на порядок. Режим работы реактора при этом не имел очевидных особенностей. До и после этих редких аномалий вся аппаратура работала нормально.

VI. ВЫВОДЫ

В экспериментах на установке с конденсатором, заряжаемым до напряжения около 1200В, соединенным с заостренным электродом, расположенным в электролите или около его поверхности, наблюдалось следующее.

Для работы реактора с растворами карбоната и гидроксида натрия в качестве электролита при положительном напряжении на заостренном электроде характерен импульсный режим работы. При отрицательном напряжении ток хаотически флуктуирует.

При использовании дистиллированной воды в качестве электролита происходят хаотические флуктуации тока как при положительном, так и при отрицательном напряжении.

Достоверное превышение тепловыделения над затраченной электроэнергией наблюдалось только в режиме, когда заостренный анод был отделен от поверхности электролита небольшим зазором. Этот режим отличается наибольшим током - более 1000 А в максимуме. При этом достигается плотность тока порядка  $10^5$  А/см<sup>2</sup>.

также из электродов как примеси к основным металлам. Хотя непонятно, почему в таком случае не появился кобальт, который является главной примесью в никеле. Обращает на себя внимание многократное возрастание содержания кальция и, особенно, кремния.

Таблица III  
Содержание элементов в электролите до и после плазменного электролиза

	Раствор до электролиза, мг/л	Раствор после электролиза, мг/л	Осадок после электролиза, %
Na	32000	32000	21
Ni	<0.5	6.8	3.1
W	<20	<36	<2
Mo	<5	3700	2
Fe	<1.4	<3	0.16
Pb	<2	<3	<0.17
Ti	<1	<2	<0.02
Cr	<2	<9	<0.04
Cu	0.5	2.1	0.05
Zr	<1	<2	<0.02
Si	13	160	2.3
Ca	7.5	25	4

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Fleischmann M., Pons S. Electrochemically induced nuclear fusion of deuterium. *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*, 261(2A):301–308, 1989.
- [2] Зыков Е.Д., Щербак В.Н. «Плазмохимотронный синтез предельно энергонасыщенного электролитического вещества в водных растворах электролитов». Мат. РКХТЯ-7. Москва, 2000. С. 58-67.
- [3] Гришин В.Г., Давыдов А.Д. «Плазмодинамический реактор для нейтрализации протонов и дейтронов в природной воде». Мат. РКХТЯ-9. Москва, 2002. С. 106-114.
- [4] Юткин Л.А. *Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности*. Машиностроение, Л., 1986.
- [5] Бажутов Ю.Н., Кашкаров Л.Л., Ляпин Г.С. и др. «Калориметрические и ядерные эффекты в анодноплазменном электролизе». Мат. РКХТЯ-17. Москва, 2010. С. 39-46.
- [6] Бажутов Ю.Н., Герасимова А.И., Кашкаров Л.Л. и др. «Плазменный электролиз как альтернативный теплогенератор». Мат. РКХТЯ-19. Москва, 2013. С. 43-54.
- [7] Гришин В.Г., Великодный В.Ю. «Плазменно-электрохимические диоды и триоды для конверсии электрической энергии в тепловую в водном растворе». Мат. РКХТЯ-16. Москва, 2010. С. 45-60.
- [8] Паньков В.А., Кузьмин Б.П. «Демонстрационная методика синтеза элементов из воды в плазме электрического разряда». Актуальные проблемы современной науки, М.: "Спутник+ № 5(44), 2008 [http://www.rulev-igor.narod.ru/theme\\_172.html](http://www.rulev-igor.narod.ru/theme_172.html).
- [9] Velikodny V.Yu., Gavrilov S.V., Grishin V.G., Popov Yu.A. «Plasma - electrochemical transformation of electric energy in heat by water electrolyte». Proc. of 13 Int. Conference on Condensed Matter Nuclear Science (ICCF-13). Dagomys, June 25-July 1 2007. P. 48-52.
- [10] Вершинин Ю.Н., Емлин Р.В., Лисовских В.Г. и др. «Регистрация трития в продуктах высоковольтного наносекундного пробоя тяжелой воды». В сб.: Холодный ядерный синтез. Калининград Моск.обл.: ЦНИИмаш, 1992. С. 70-71.
- [11] Покровский А.К., Скуратник Я.Б., Хохлов Н.И. «Оценка избыточного тепла и сопутствующей трансмутации ядер при электролизе в условиях протекания плазменного разряда в прикатодной области». Мат. РКХТЯ-7. Москва, 2000. С. 137-144.
- [12] Зеленский В.Ф., Поляшенко Р.Ф. «Наработка изотопа Та-183 в процессе импульсного электролиза раствора LiOH в тяжелой воде с палладиевым катодом и вольфрамовым электродом». Мат. РКХТЯ-9. Москва, 2002. С. 46-53.
- [13] Уруцкоев Л.И., Ликсонов В.И., Циноев В.Г. Экспериментальное обнаружение "странного" излучения и трансформации химических элементов. *Журнал радиоэлектроники*, (3):301–308, 2000.
- [14] Adamenko S.V., Vysotskii V.I. Mechanism of synthesis of superheavy nuclei via the process of controlled electron-nuclear collapse. *Foundations of Physics Letters*, 17(3):203–233, 2004.