

Влияние гетерогенных химических реакций на низко-энергетический ядерный синтез элементов при электрических разрядах в конденсированных средах

Е.Н. Максимов¹, В.П. Лукашов²

Аннотация—В статье рассмотрены аспекты влияния гетерогенных химических реакций, проходящих на “активных центрах” поверхности электродов в разделе фаз “твердое тело – газ”, на трансмутацию материала электрода в ходе низкоэнергетической ядерной реакции. Приведен предположительный механизм нового класса межатомного взаимодействия, ядерно-химические реакции (ЯХР), результатом которых и является синтез “новых” химических элементов.

Index Terms—трансмутация, гетерогенные химические реакции, низко-энергетические ядерные реакции (НЭЯР), ядерно-химические реакции (ЯХР)

I. ВВЕДЕНИЕ

За последние десятилетия накоплен обширный материал результатов экспериментальных исследований по наблюдению нового физического явления – низкоэнергетической трансмутации атомных ядер химических элементов. Суть этого явления заключается в том, что в возбужденных, конденсированных средах одни химические элементы превращаются в другие при низких энергиях. Однако на сегодняшний день нет единой теории, объясняющей это явление. Тем не менее, накопленный экспериментальный материал в области низкоэнергетических ядерных реакций и его систематизация могут дать новые, фундаментальные знания и, возможно, дополнить теорию строения атома, в которой будет явным образом выражено взаимодействие электронных оболочек и атомного ядра.

Настоящая работа проводилась авторами в рамках исследования запуска процесса “ЭНЕРГОНИВА” [1] в период 2006-2014 гг. После этих исследований, для более глубокого изучения явления, возникла необходимость провести ряд экспериментов для детального определения механизма взаимопревращения химических элементов при электрических разрядах в воде.

Тогда полученные результаты не удалось достаточно четко интерпретировать. Было не ясно, какие факторы влияют на трансмутацию материала электродов и, по результатам опытов было трудно объяснить, от чего зависят распределения появляющихся, новых химических элементов. Понимание механизма этого явления пришло в ходе работ уже по тематике гетерогенного химического катализа в 2016 г. Предлагаемое теоретическое объяснение, на основании которого допустимо сделать хотя бы приблизительный прогноз, возможно, окажет помощь исследователям перед началом экспериментов по трансмутации химических элементов в ходе низкоэнергетических ядерных реакций (НЭЯР).

II. КРАТКИЙ ОБЗОР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РАБОТ ПО ТРАНСМУТАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАЗРЯДАХ В КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕДАХ

В работах [2], [3] приводится обширный материал результатов экспериментальных работ российских авторов в области исследований по взаимопревращению химических элементов при низкоэнергетических ядерных реакциях. В статье [4] авторы систематизируют накопленный материал по результатам данных экспериментов и делают предположение, что распределение по элементам в продуктах синтеза стремится стать “универсальным”, т.е. независимым от элементного состава вещества, в котором начались процессы трансмутации. “Универсальное” распределение имеет максимумы, связанные с ядерными “магическими” числами. Обзор экспериментальных работ зарубежных авторов в области исследований низкоэнергетических ядерных реакций приведен в статье [5].

Из всего многообразия проводимых экспериментов по низкоэнергетической трансмутации, в которых возбуждение среды достигалось при электронных взрывах металлических мишеней [6], при электровзрывах металлических фольг в жидкой диэлектрической среде [7], [8] при плазменном электролизе воды [9], при ультразвуковой обработке водных солевых растворов

¹ max.plazma@mail.ru.

² Институт теоретической и прикладной механики им. С.А.Христиановича СО РАН, г.Новосибирск.

[10], хотелось бы особо отметить несколько работ. Эти работы наиболее близки к настоящему исследованию, как по условиям проведения эксперимента, так и по полученным результатам. Общее, что объединяет эти работы – это методика проведения опыта, которая включала в себя электрические разряды в конденсированной среде. Во взаимодействии участвовало несколько химических элементов, находящихся в отличном друг от друга агрегатном состоянии, и между которыми были возможны химические реакции.

А. Синтез железа, кремния, никеля, кобальта и других элементов в дуговом разряде на графитовых электродах в воздухе и в воде

В начале 60-х годов японским ученым Джорджем Осавой (G.Oshawa) был проведен ряд экспериментов по трансмутации элементов в дуговом разряде на графитовых электродах, горящем как на воздухе, так и в воде. Результаты работы были опубликованы в 1965 г. [11], позже эти эксперименты были повторены многими авторами [12], [13] и подтверждены результаты синтеза новых элементов при данных условиях. Продуктом синтеза в основном является железо в соединении с кремнием – дисилицид железа. Некоторыми авторами получен и более широкий состав новых элементов, помимо железа и кремния – никель, кобальт, магний, алюминий [13]. В работе Дж. Бокриса (J.Bockris), Р. Сандаресана (R.Sundaresan) [14] отмечается любопытный факт: если дуговой разряд на графитовых электродах горит в газе, не содержащем кислород, то синтез элементов не происходит. Так, в экспериментах, в которых дуговой разряд на графитовых электродах поджигался в среде азота, появление новых элементов обнаружено не было.

Один из вариантов проведения эксперимента заключался в следующем: два графитовых электрода (из ультрачистого графита 99,99%, применяемого в масс-спектрометрии) диаметром 6 мм и длиной 10 см были погружены под углом торцами в дистиллированную и де-ионизированную воду. На электроды подавалось постоянное напряжение порядка 8-10 В от источника силой тока 5-15 А (в роли источника могли служить как аккумуляторная батарея, так и стандартный выпрямитель от промышленной сети). Касанием двух электродов поджигался в воде дуговой разряд на электродах. Образовавшийся мелкодисперсный порошок, как продукт эрозии электродов, собирался в емкости. Затем полученный мелкодисперсный порошок разделялся с помощью магнита на магнитную и немагнитную фракцию. Отделенная таким способом магнитная фракция подвергалась химическому анализу.

В. Трансформация ядер при электроразрядах на графитовых электродах

Экспериментальная работа Н.Г. Ивойлова и др. [15] также была посвящена исследованию влияния дугового разряда на графитовых электродах на трансмутацию

углерода в другие химические элементы. Установка, применявшаяся авторами, представляла собой емкость с погруженными в нее вертикально двумя графитовыми электродами, катод при этом фиксировался неподвижно, анод был снабжен подающим устройством для поджига и удержания дугового разряда постоянного напряжения номиналом 80 В и максимальным током не выше 30 А. Емкость объемом 300 мл, в которую были погружены графитовые электроды, имела входное и выходное отверстие для организации потока 30%-ного раствора глицерина в дистиллированной воде. Автоматическое устройство подачи анода позволяло обеспечивать режим работы с частотой прерывания тока не выше 2-5 Гц в дуговом разряде. Поверх емкости устройства были расположены две катушки Гельмгольца для сепарации возникающего магнитного излучения в ходе работы установки. Устройство было также снабжено сливной и заливной емкостями по 5,0 л объемом каждая, для организации циркуляции глицеринового раствора внутри установки. Скорость прокачки жидкости устанавливалась в пределах 400-500 мл/мин. Типичное время проведения одного цикла электроразряда составляло 40-60 мин.

Исследования продуктов реакции проводились в пробах, полученных из осадка, образовавшегося в зоне разряда. Контролировалось также изменение элементного состава участвовавших в эксперименте электродов. Масс-спектрометрические и рентгено-флуоресцентные исследования химического состава электродов и осадочных продуктов показали наличие новых элементов – магния, кремния, алюминия, фосфора, железа, кальция, марганца, натрия, калия, меди, цинка и свинца, отсутствовавших в графите до начала эксперимента.

С. Трансмутация в дуговом разряде при плавке базальтового материала

В статье Ташполотова Ы. и Садыкова Э. [16] авторы указывают, что при проведении исследований по плавке базальтовых пород в промышленной электродуговой печи ими зафиксирован как синтез новых химических элементов, так и количественное увеличение некоторых элементов, присутствовавших в составе базальтовых пород до плавки. Процесс вели в рудотермической электродуговой установке при параметрах $U = 60-65$ В, $I = 1000-1500$ А. Базальтовый материал в процессе плавки разделялся на три слоя: легкоплавкий (пена состоящая из оксидов), базальтовый (компоненты базальтового волокна), тугоплавкий (металлический слой). В ходе элементного анализа отмечено значительное увеличение никеля, фосфора, меди и серебра. Анализ продуктов плавки также показал наличие в нем золота и мышьяка, которые отсутствовали в исходной горной породе.

Д. Образование кремния из фосфида алюминия при обработке электрическими разрядами

Работа Казбанова В. И. и др. [17], [18] посвящена синтезу кремния из фосфида алюминия при воздей-

ствии на него электрического разряда. Методом автотермического взаимодействия порошка алюминия с красным фосфором получали фосфид алюминия, который в последствие размельчали. Затем обрабатывали полученный фосфид алюминия методом его просыпки-продувки между графитовыми электродами в низковольтной дуге переменного тока, мощностью 0,5-1,0 кВт. После указанных процедур, с помощью химического анализа авторы определяли наличие кремния в образце продукта эксперимента. Кремний находился в кристаллической форме высокого давления.

Е. Трансмутация свинца под действием импульсов электрического тока в магнитном поле

Работа В.А.Кривицкого [19], [20] посвящена трансмутации смеси, состоящей из свинца, меди и пероксида натрия в соотношении 10:1:1. Смесь засыпалась в алундовый тигель, который помещался между полюсами постоянного электромагнита с магнитной индукцией 1,2 Тл. Тигель нагревался газовой горелкой до температуры 1100 градусов Цельсия. Затем, в получившийся расплав, не выключая горелки, вводились два вольфрамовых электрода, на которые от специального импульсного генератора подавались микросекундные импульсы высокоамперных токов с $U=1000$ В, $I=0-7500$ А и с частотой следования импульсов 1-400 Гц. Продолжительность обработки расплава указанным способом составляла от 60 до 180 секунд. В продукте обработки по завершении эксперимента были обнаружены сурьма и медь в десятках процентов от общей массы, а также присутствовали молибден, палладий, олово и серебро.

Г. Синтез новых элементов на поверхности вольфрамового катода при электролитно-плазменном разряде

В докладе [21] итальянских исследователей Д. Цирилло (D. Cirillo) и В. Иорио (V. Iorio) отмечается образование новых химических элементов на поверхности вольфрама в ходе его продолжительной обработки в электролитно-плазменном разряде. Методика проведения опыта заключалась в следующем. В стеклянную емкость объемом 350 мл, заполненную раствором электролита (0,2 М, K_2CO_3 рН ≥ 10) объемом 200 мл были погружены два вольфрамовых электрода диаметром 2,4 мм и длиной 17,5 см. Катод был закрыт керамической вставкой и имел меньшую поверхность контакта с раствором электролита, чем анод. Электрическая схема включала в себя регулируемый по выходному напряжению (от 0 до 340 В, $I = 8$ А) источник постоянного тока. Зажигание электролитно-плазменного разряда на поверхности катода происходило при напряжении 50-80 В на электродах, сила тока в разряде находилась в пределах 1,0-1,5 А. Время горения разряда на поверхности вольфрамового катода составило 4000 сек. По результатам анализа в катоде были обнаружены новые химические элементы: кальций, олово, золото, иттербий, рений, туллий и осмий. Эти элементы отсутствовали в катоде до проведения опыта.

Г. Синтез химических элементов в плазме электрического разряда

Паньков В.А. и Кузьмин Б.П. [22] проводили исследования на установке с импульсными электрическими разрядами в протоке воды. В результате экспериментов, в продуктах эрозии электродов зафиксировано появление новых химических элементов – железа, цинка, кальция и кремния в высоком процентном содержании. Экспериментальная установка состояла из диэлектрического корпуса в виде цилиндра, в который вкручивались два трубчатых медных электрода до расстояния пробоя. Электроды были подключены к источнику питания переменного тока через резонансный LC-фильтр, настроенный на частоту промышленной сети – 50 Гц. При достижении пробойного напряжения на контуре, происходил импульсный электрический разряд на электродах в протоке дистиллированной воды. Продукты эрозии электродов собирались в приемнике и затем, после декантации воды и сушки, проводился химический анализ полученных порошков.

Н. Обработка водно-минеральной смеси в электрическом плазменном образовании

В многолетних экспериментах, проводимых Вачаевым А.В., Ивановым Н.И. и Павловой Г.А. [1], [23] по переработке водно-минеральных смесей в индуцированном электрическим импульсом плазменном образовании, названной авторами “ЭНЕРГОНИВА”, был получен богатый экспериментальный материал по трансмутации химических элементов. Плазменной переработке в реакторе подвергались как “чистая” вода, так и различные водные смеси, включающие шлаки, шламы и отходы различных производств. Реактор состоял из двух трубчатых электродов, внутри которых протекали указанные растворы. На электроды подавалось напряжение от отдельного источника питания. Плазменный разряд между электродами зажигался с помощью двух дополнительных электродов, расположенных поперёк протока раствора, в межэлектродном зазоре трубчатых электродов. На эти электроды подавался импульс от батареи конденсаторов. Импульс тока инициировал плазменное образование между трубчатыми электродами. По достижении режима стабилизации процесса электропитание отключалась, образовывался самоподдерживающийся, непрерывный плазменный разряд. В продуктах плазменной переработки растворов обнаруживались новые химические элементы с большим процентным содержанием, например: железо, алюминий, кремний, цинк, хром, бор, олово, титан, магний, углерод, свинец.

Приведенные выше примеры исследований по низко-энергетической трансмутации химических элементов, как по методике проведения исследований, так и по полученным результатам во многом совпадают с настоящей работой, выполненной также в конденсированной среде с использованием электрических разрядов на электродах.

III. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Ранее проведенные нами эксперименты показали, что новые химические элементы образуются из материала электродов. Но не было ясно, в какой области взаимодействия происходит взаимопревращение одних элементов в другие – непосредственно на поверхности электрода или в плазме разряда. Целью проведенных экспериментов стало определение области трансмутации химических элементов при электрических разрядах в водной среде и влияние электрических параметров системы на этот процесс. Эксперименты велись как в аperiodическом дуговом разряде на трубчатых электродах в протоке воды, так и на стержневых электродах в импульсном режиме в неподвижной среде. Как известно, низковольтный электрический пробой (напряжение пробоя < 1000 В) в жидкости на стержневых электродах имеет дуговой характер. В случае постоянно горящей дуги на трубчатых электродах, электрический разряд происходит фактически не в жидкости, а в паровой фазе воды. При этом за счет высокотемпературных плазмохимических реакций и УФ-излучения вода в разряде разлагается на водород, кислород и преобразуется в озон и перекись водорода. Возможное влияние этих активно реакционных химических веществ на трансмутацию материала электрода также необходимо было учитывать. Еще одно отличие дугового разряда, горящего на воздухе и в воде, состоит в разнице концентрации активных веществ в зоне разряда. Как известно, в воздухе содержание молекулярного кислорода не выше 20%, в то время как в водяном паре при разложении общее объемное содержание атомов кислорода может достигать до одной трети, при химически более активной форме кислорода. Первая часть наших экспериментов в 2008 г. [24] проводилась в проточной водной ячейке с дуговым разрядом переменного тока на трубчатых медных электродах с наложением в зоне разряда постоянного, встречного магнитного поля, создаваемого электрокатушками. Вторая часть экспериментов проводилась в 2011 г. на ячейке с импульсным разрядом постоянного тока на стержневых медных электродах в неподвижной водной среде.

А. Низкоэнергетическая трансмутация в дуговом разряде на трубчатых электродах в протоке воды с наложением встречно направленного магнитного поля

Общий вид экспериментальной установки представлен на рис. 1а. Установка (рис. 1б) состоит из двух трубчатых электродов внешним диаметром 20 мм и внутренним отверстием 6 мм. Электроды изготовлены из меди марки М0. Торцы электродов заточены под конус углом 45° (Рис. 1б). Трубчатые электроды расположены в корпусе, изготовленном из диэлектрического материала (в центре корпуса в месте разрядного промежутка имеется вставка из кварцевого стекла для визуального наблюдения процесса поджига дугового

разряда). В торце нижнего по схеме трубчатого электрода, со стороны разрядного промежутка, находится кольцевая графитовая вставка. Она используется для поджига дугового разряда. Поверх корпуса установки в месте разрядного промежутка со стороны торцов электродов расположены две катушки со встречно направленной намоткой витков. Количество витков в каждой катушке одинаково и равно 500 витков. На трубчатые электроды подавалось переменное напряжение от трансформатора ТДМ-252У2 номиналом холостого хода 50 В и силой тока 100-150 А. При поджигании дуги напряжение вторичной обмотки падало до 35 В на разрядном промежутке. На катушки от выпрямительного устройства подавалось постоянное напряжение 220 В с силой тока 20 А. Наличие постоянного магнитного поля катушек обеспечивает равномерное перемещение катодного пятна по поверхности торцов электродов во встречном магнитном поле. Дистиллированная вода (бидистиллят) подавалась сверху и через нижний электрод собиралась в емкости-приемнике вместе с продуктами реакции. Скорость протока воды в ходе всего эксперимента была постоянной 0,55 м/с. Общий объем пропущенной воды составлял 5,0 л. Проведение эксперимента заключалось в поджигании дугового разряда методом касания верхним медным электродом графитовой вставки нижнего электрода с последующим разведением электродов на расстояние устойчивого горения дуги.

При этом в процессе горения дуги происходил интенсивный тепловой нагрев устройства с эрозией медного электрода и графитовой кольцевой вставки, с парообразованием воды и газовой выделением. Время горения дугового разряда не превышало 3-5 секунд за один акт поджига. Серия поджигов дугового разряда в ходе эксперимента колебалась в пределах 10. В приемной емкости собирались продукты реакции, которые представляли собой водную взвесь черного мелкодисперсного порошка, тяжелые фрагменты графита и каплеобразные частицы меди. После отстаивания смеси и декантации воды, проводилась сушка полученного материала. После сушки цвет осадка менялся и становился темно-серым. Полученный воздушно-сухой материал разделялся на три фракции. Первая фракция получалась в результате магнитной сепарации. В неё входили, в основном, крупные частицы графита и некоторые каплеобразные шарики меди (рис. 2а). Вторая фракция составляла немагнитные медные частицы эрозии электродов. Третья фракция - это мелкодисперсный порошок. Некоторые из медных шариков при визуальном осмотре имели серебристо-белый налет других металлов, по цвету явно отличный от цвета меди. При этом налет на поверхности шарика был распределен неравномерно. В некоторых местах цвет шарика был золотистым. Для химического анализа поверхности был отобран один из многих подобных каплеобразных медных шариков (Рис. 2с). Химическому анализу подвергался и полученный порошок темно-серого цвета. Помимо образца материала реакции, выделенного из

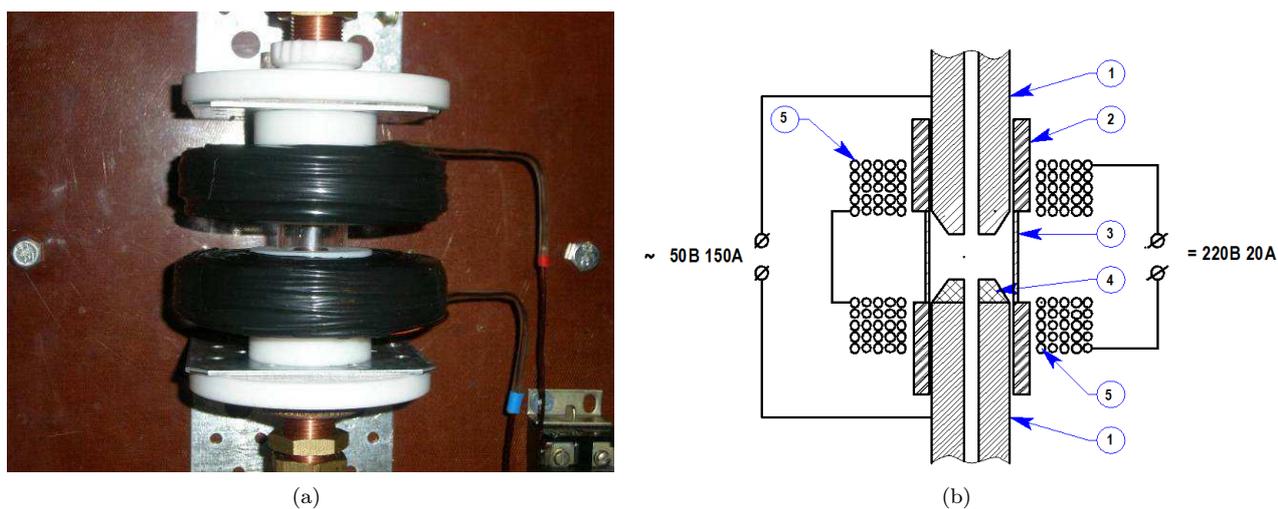


Рис. 1. Установка дугового разряда на медных электродах в протоке воды. (а) Общий вид установки (масштаб 1:5); (б) Схема установки: 1 - трубчатые медные электроды, 2 - корпус из диэлектрического материала, 3 - вставка из кварцевого стекла, 4 - графитовая кольцевая вставка, 5 - катушки со встречной намоткой витков.

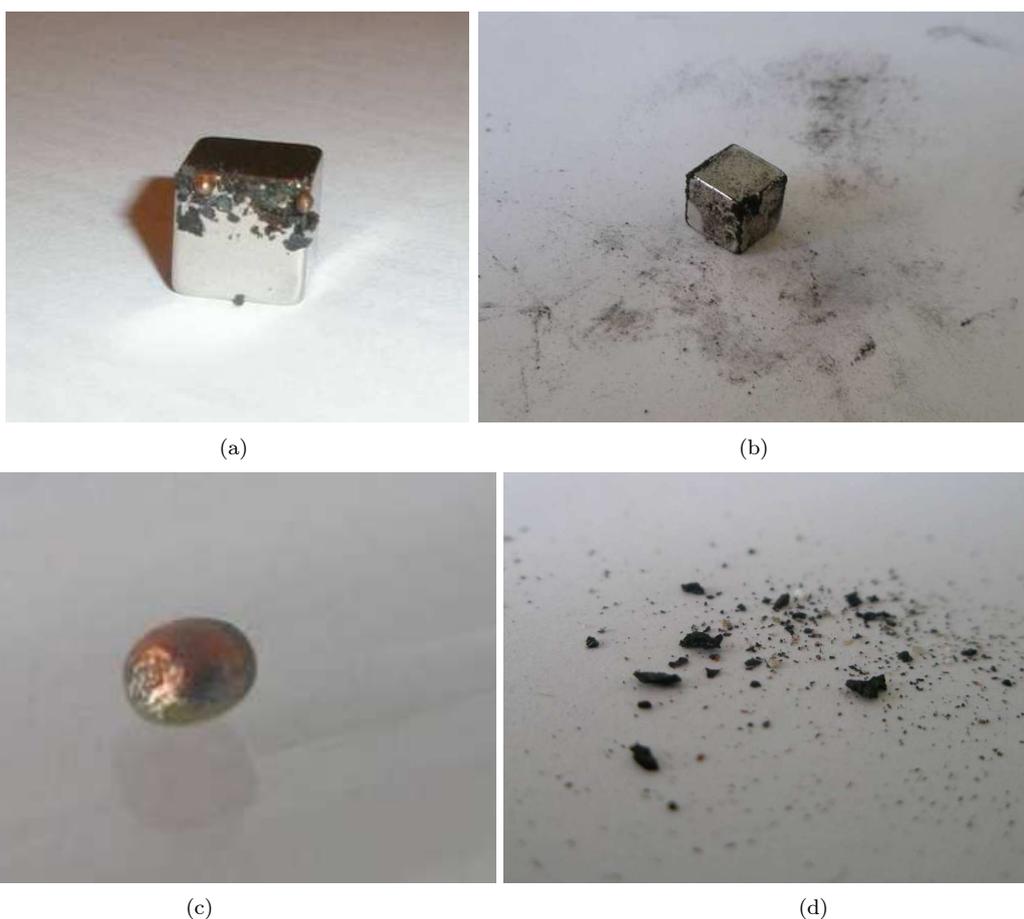


Рис. 2. (а) Частицы графита и медные шарики на поверхности неодимового магнита (1x1x1 см); (б) Мелкодисперсный порошок на поверхности неодимового магнита (1x1x1 см); (с) Каплеобразный медный шарик с налетом серебристо-белого цвета на поверхности; (д) Коагулированный по истечении суток изначально черный мелкодисперсный порошок.

водной смеси по окончании эксперимента, был также произведен соскоб с торца медного электрода темного мелкодисперсного налета. Полученный порошок проявлял сильные магнитные свойства (Рис. 2b).

Любопытно, что по истечении суток, отделенный с поверхности магнита черный мелкодисперсный порошок самостоятельно коагулировался в более крупные частицы различного цвета – от белоснежного и светло-серого до коричневого и черного (Рис. 2d). К сожалению, в ходе проведения химического анализа этот порошок был утерян, и у авторов не имеется данных по химическому составу образовавшихся глобул.

В. Результаты анализа продуктов реакции

Анализ полученных образцов материала реакции проводился на растровом электронном микроскопе с энергодисперсионным рентгеновским спектрометром JED – 2300. В первую очередь проводился рентгенофлуоресцентный анализ поверхности медного шарика, на котором визуальнo были видны наплывы различной окраски от серебристого до желтого, как отмечалось выше (Рис. 3).



Рис. 3. Каплеобразный медный шарик, поверхность которого анализировалась по химическому элементному составу.

Элементный анализ области налета серебристого цвета на краю медного шарика (Рис. 4) показал, помимо исходной меди и кислорода, наличие алюминия в количестве 1,85%. Анализ налета желтого цвета в центре медного шарика (Рис. 5) показал, помимо меди и кислорода, наличие магния в количестве 1,16% и кремния в количестве 1,10%. Для контроля (Рис. 6), был проведен рентгеновский анализ произвольной области медного шарика. Он показал наличие только меди и кислорода без примеси посторонних элементов. Необходимо отметить, что спектрометр определяет все элементы до урана (исключая водород) с точностью 0,01%, но при этом показывает только поверхностное содержание химических элементов.

Также проводился рентгеновский анализ темно-серого порошка осадка, оставшийся после декантации воды и последующей сушки. Анализ (Рис. 7, 8) показал

наличие в порошке, помимо исходного углерода и меди, также алюминия (с содержанием 0,23%), кремния (1,09%), серы (0,17%), хлора (0,18%), кальция (0,15%), железа (0,33%).

Столь небольшое количественное содержание новых химических элементов в осадке, возможно, объясняется тем, что данные элементы образуют растворимые в воде соединения (по окончании эксперимента pH водного раствора >7) и при декантации полученного в ходе эксперимента водного раствора достаточно большого объема (5,0 л) остались в нем в ионном виде.

Результаты анализа медного шарика показывают локальное расположение новых химических элементов на его поверхности. Причем, алюминий образует монослой, отдельный от совместного слоя магния и кремния. Этот факт необходимо особо подчеркнуть для дальнейшего обсуждения теоретического обоснования результатов экспериментальной работы.

Результатом проведенного эксперимента явился синтез химических элементов: алюминия, магния, кремния, железа, кальция, серы и хлора из исходных химических элементов (меди, углерода, кислорода и водорода).

С. Низкоэнергетическая трансмутация в импульсных разрядах на стержневых электродах в воде

Вторая часть экспериментальной работы была посвящена изучению процесса синтеза новых элементов в импульсных разрядах на стержневых медных электродах в воде. Установка (Рис. 9) включала в себя 5 л емкость, заполненную 1,0 л дистиллированной воды (бидистиллят), со встречно-направленными стержневыми электродами диаметром 5,0 мм, изготовленными из меди марки М00. Катод крепился неподвижно. Анод с помощью подающего устройства со скоростью 0,07 мм/мин сдвигался на расстояние пробоя в дистиллированной воде при заданном на нем напряжении, подаваемом от заряженной конденсаторной батареи 600 В. Общая емкость конденсаторной батареи составляла 400 мкФ (импульсные конденсаторы марки К75-40а). Конденсаторная батарея подключалась к стержневым электродам коммутирующим устройством. Она имела также зарядное устройство постоянным током с напряжением зарядки 600 В. При достижении анодом катода до расстояния пробоя, происходило автоматическое подключение конденсаторной батареи к электродам, с развитием импульсного электрического разряда на электродах в воде. Импульсы от конденсаторной батареи подавались до тех пор, пока не происходила эрозия анода с увеличением межэлектродного промежутка до предпробойного. Затем цикл подачи анода повторялся. При импульсном разряде в установке происходила эрозия электродов, сопровождающаяся гидроударом. Через несколько импульсов вода в емкости начинала мутнеть от продуктов эрозии электродов и затем принимала темный вид, вплоть до того, что визуальнo не были видны дальнейшие вспышки электрического

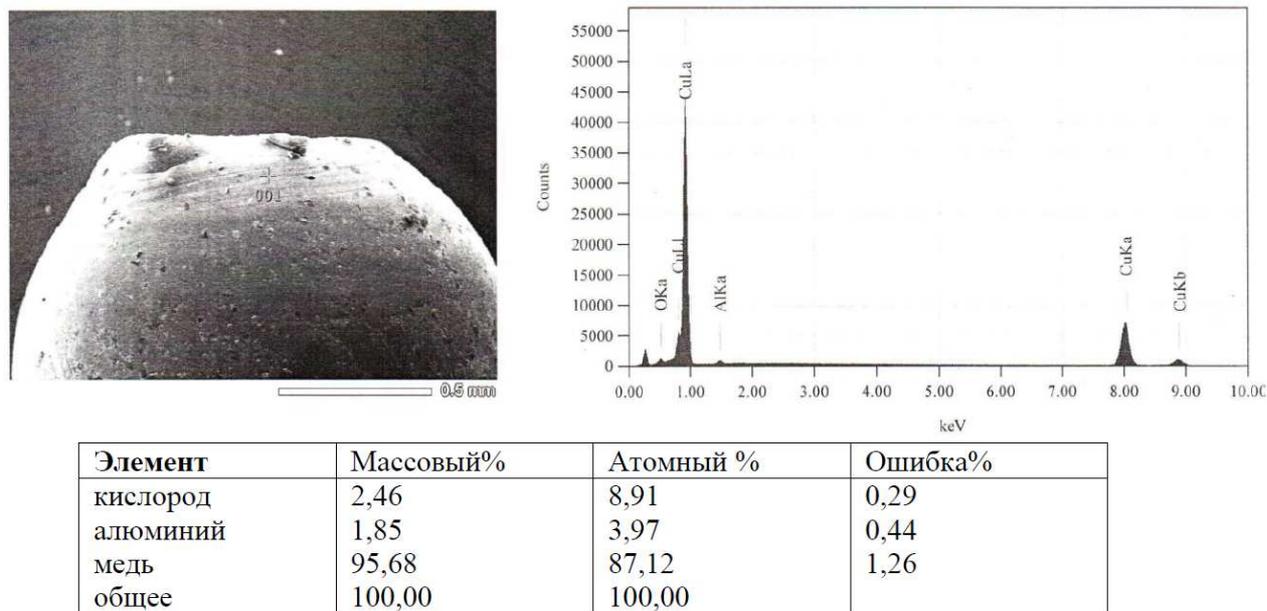


Рис. 4. Фото, рентгеновский спектр и элементный состав области серебристого цвета медного шарика.

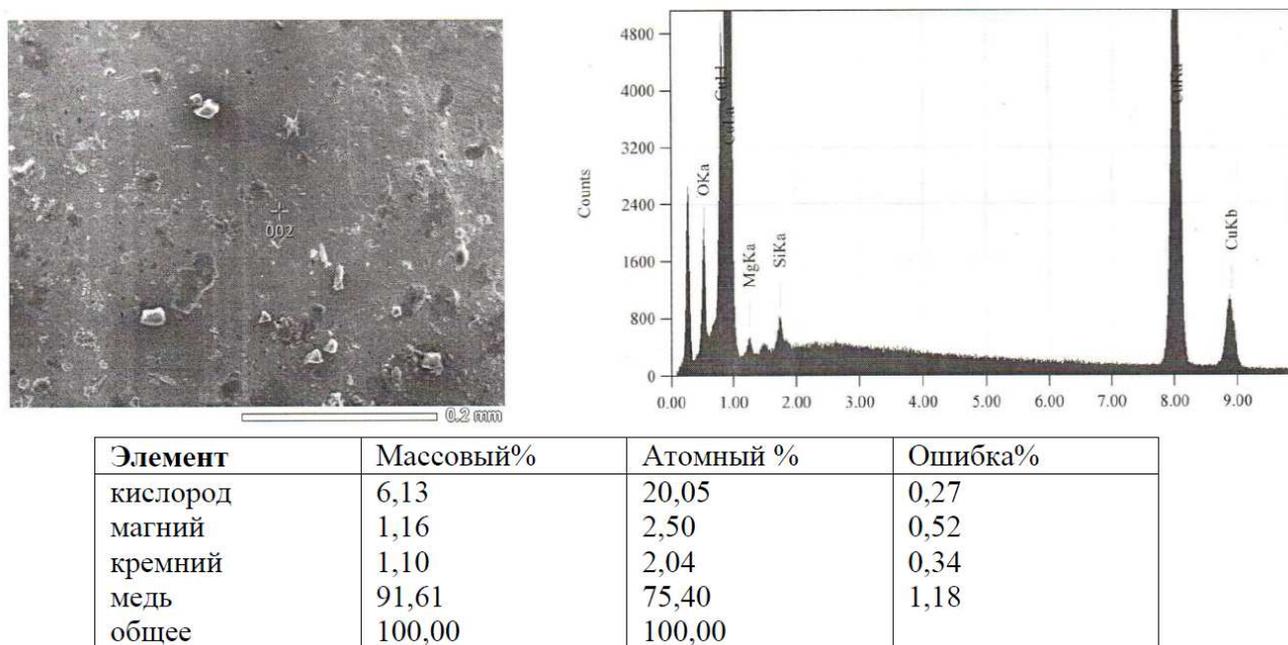


Рис. 5. Фото, рентгеновский анализ и элементный состав области желтого цвета медного шарика.

разряда. В ходе эксперимента вода в емкости достаточно быстро нагревалась и насыщалась выделяющимися газами, в основном кислородом и перекисью водорода, так что приходилось останавливать процесс для охлаждения среды. Общая длительность эксперимента составила около 3 часов. В импульсном разряде эрозия анода превышает многократно эрозию катода и на аноде образуется характерная для дугового разряда ванно-образная выемка. При визуальном осмотре по окончании эксперимента, на аноде образовался наплыв (Рис. 10) от светло-серебристого цвета до желтого и

красно-фиолетового. Катод при этом имел только характерный темный цвет оксида меди без посторонней цветовой окраски.

Наплыв на аноде имел тот же характер цветовой окраски, как на каплеобразных медных шариках при эксперименте в дуговом разряде на трубчатых электродах в протоке воды. К сожалению, ограниченность в финансовых средствах для проводимых экспериментов в частном порядке не позволила сделать качественный химический анализ фрагмента торца анода в растровом электронном микроскопе на наличие новых

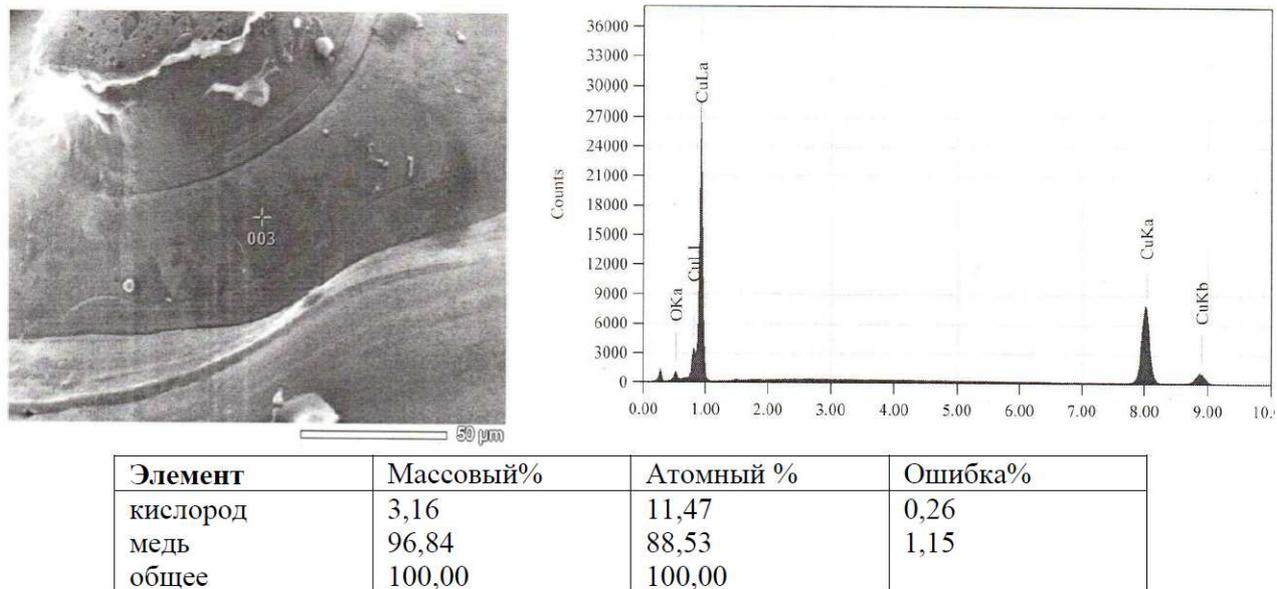


Рис. 6. Фото, рентгеновский анализ и элементный состав произвольной области медного шарика (контрольный).

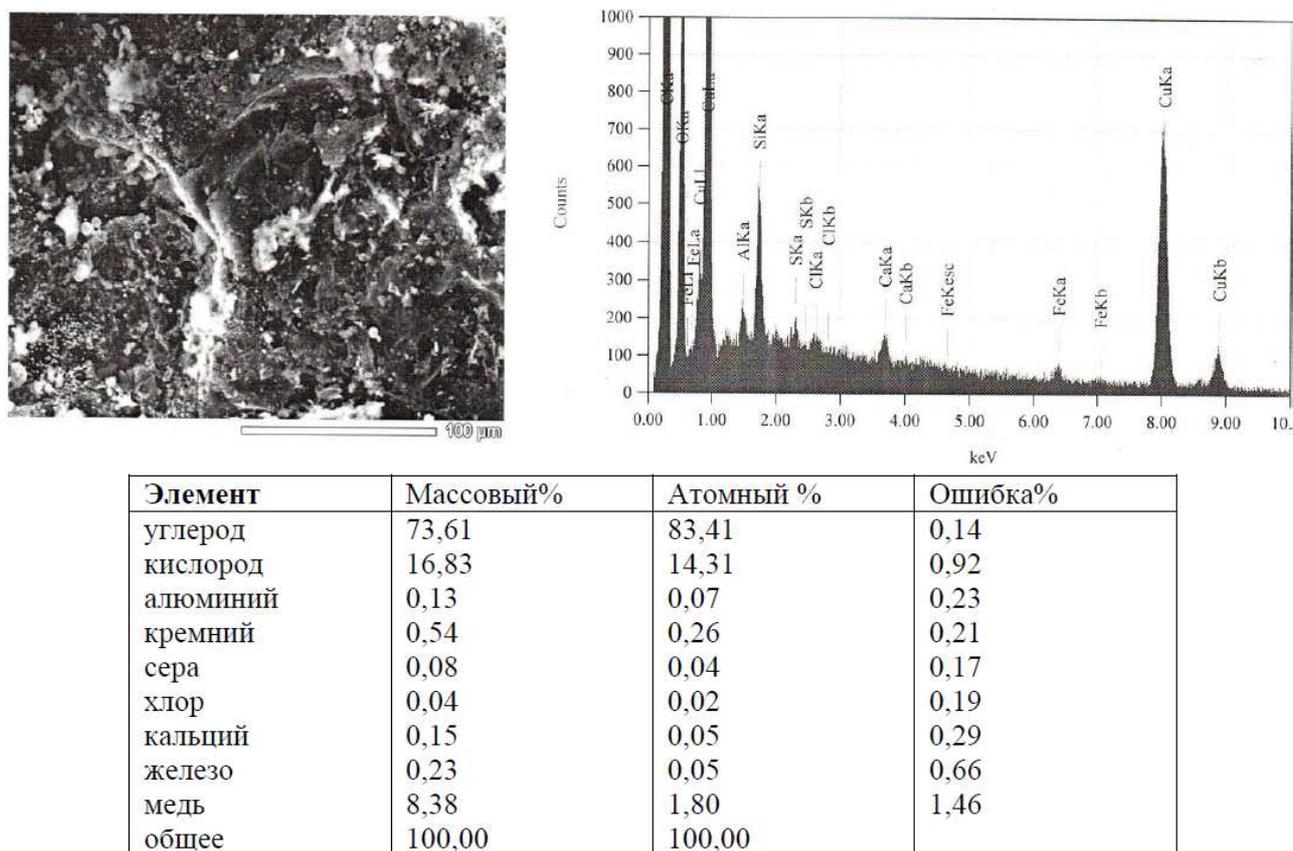
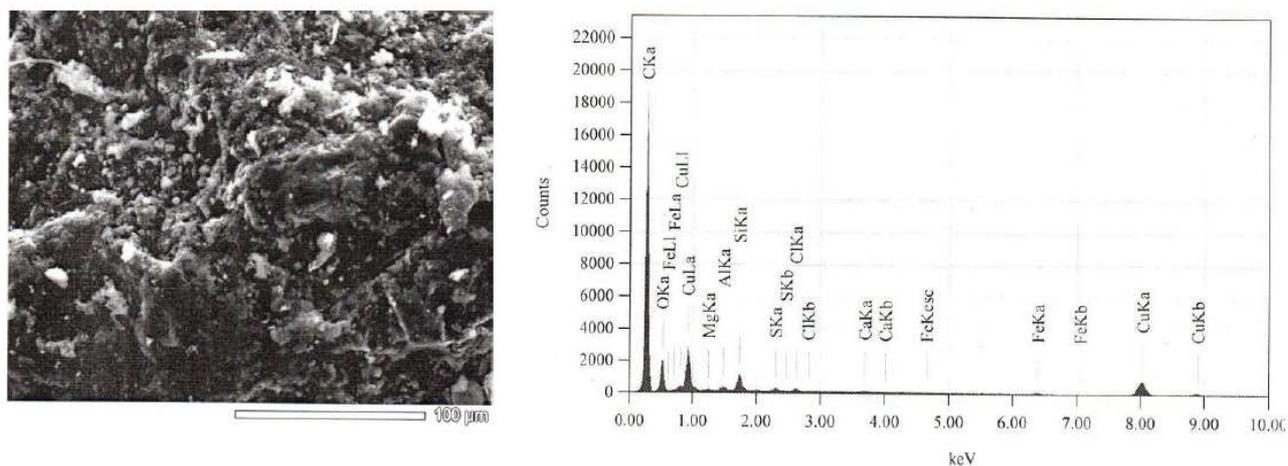


Рис. 7. Фото, рентгеновский анализ и элементный состав осадочного порошка.

химических элементов.

Полученный в ходе эксперимента мелкодисперсный порошок темно-оливкового цвета после декантации воды и сушки передавался на атомно-эмиссионный спектральный анализ, спектрометр iCAP-6500 фир-

мы "ThermoScientific". Результат анализа порошка приведен в Таблице I.



Элемент	Массовый%	Атомный %	Ошибка%
углерод	72,56	82,35	0,13
кислород	17,70	15,08	0,81
магний	0,09	0,05	0,22
алюминий	0,19	0,10	0,20
кремний	1,09	0,53	0,19
сера	0,17	0,07	0,15
хлор	0,18	0,07	0,17
кальций	0,11	0,04	0,26
железо	0,33	0,08	0,59
Медь	7,57	1,62	1,30
общее	100,00	100,00	

Рис. 8. Фото, рентгеновский анализ и элементный состав осадочного порошка.

Д. Результаты эксперимента

Как показали результаты анализа химического состава образцов продуктов экспериментов, новые элементы в основном распределены по поверхности твер-

дого материала исходного вещества. Появление новых химических элементов в осадочной части продуктов, возможно, объясняется их переносом в раствор, вследствие реакции окисления на поверхности электрода и из-за эрозии части материала электрода с уже трансмутированными элементами. При этом распределение на поверхности исходного материала новых элементов носит локальный характер, соответствующий определенным областям образования этих элементов (слой алюминия отдельно от слоя магния с кремнием). Также можно утверждать, что новые элементы образуются в свободном, химически несвязанном виде, о чем говорит

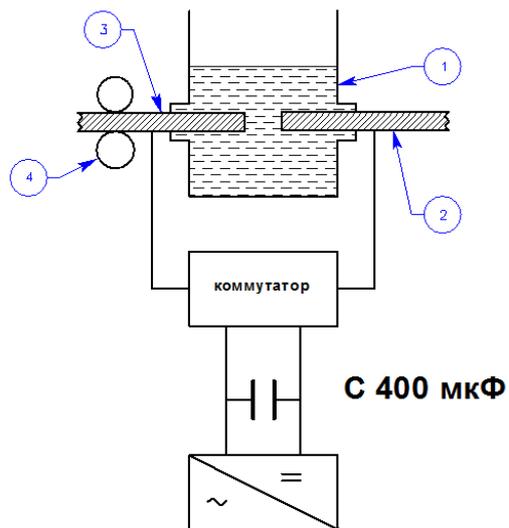


Рис. 9. Схема установки импульсных разрядов на стержневых медных электродах в воде. 1 – емкость с дистиллированной водой, 2 – катод, 3 – анод, 4 – подающее устройство.



Рис. 10. Фрагмент торца анода после завершения эксперимента.

Таблица I
СОДЕРЖАНИЕ, % МАСС.

Элементы	Содержание
Na	$8 \cdot 10^{-3}$
Mg	1
Al	0,1
Si	0,1
P	0,09
K	0,03
Ca	3
Ti	0,03
V	0,003
Cr	$2 \cdot 10^{-3}$
Mn	0,01
Fe	0,1
Ni	0,01
Cu	≥ 75
Zn	0,05
Ag	0,002
Sn	0,003
Ba	0,05
Pb	0,1

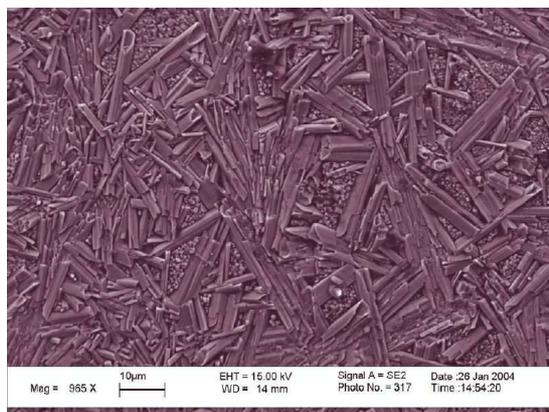


Рис. 13. Фотография поверхности вольфрамового электрода, сделанная при сканировании электронным микроскопом [21].

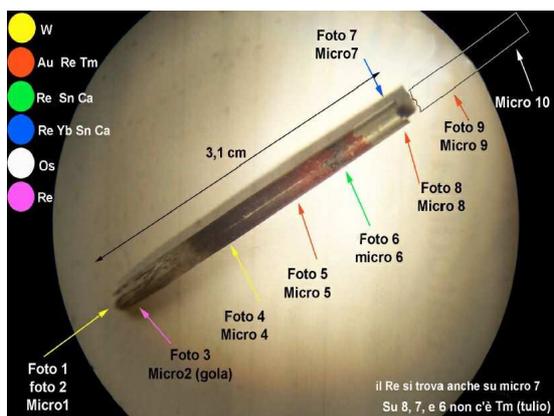


Рис. 11. Фотография поверхности вольфрамового катода [21].

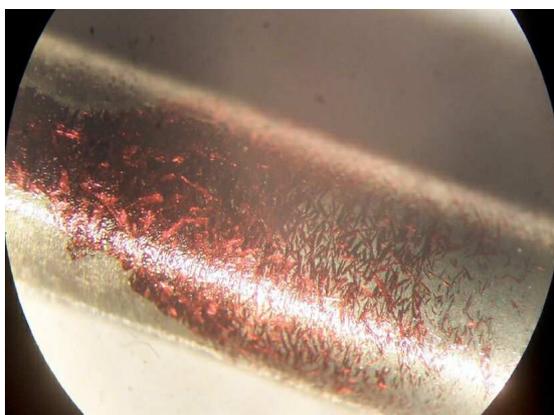


Рис. 12. Новые элементы на поверхности W электрода [21].

характерный металлический блеск “напылов” новых элементов на поверхностях материала электродов и на каплеобразных шариках. Образование новых элементов в ходе трансмутации и размещение их именно на поверхности электрода отмечается в работе Д. Цирилло (D. Cirillo) и В. Иорио (V. Iorio) [21]. В результате электролитно-плазменного разряда в локальных областях поверхности вольфрамового катода (Рис. 11-13) были обнаружены новые химические элементы – кальций, олово, рений, иттербий, золото, тулий и осмий. На фотографии Рис.18 представлена поверхность вольфрамового катода после 4000 сек работы в электролитно-плазменном разряде [21]. На фотографии отмечены области размещения новых химических элементов. На Рис. 12 показаны новые химические элементы, появившиеся на поверхности вольфрамового электрода [21]. Фотография поверхности вольфрамового электрода (Рис. 13) сделана при сканировании электронным микроскопом [21].

Таким образом, можно сделать вывод, что область, в которой происходят реакции трансмутации исходных химических элементов в новые, находится на поверхности материала, а не в плазменном канале электрического разряда.

IV. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА И ПРЕДПОЛОЖЕНИЕ О МЕХАНИЗМЕ РЕАКЦИЙ

Необходимо определить, какие факторы, помимо наличия электрического поля, свободных электронов и высокой температуры, могли повлиять на прохождение реакции трансмутации на поверхности электрода.

А. Гетерогенные химические реакции на поверхности электродов при трансмутации веществ

На взаимопревращение химических элементов при электрических разрядах в конденсированной среде, безусловно, влияет химическая реакция на поверхности раздела фаз между несколькими (двумя и более) исходными химическими элементами. В проведенных

экспериментах такими исходными веществами являлись медь и кислород, углерод и кислород. Рассмотрим подробнее это влияние.

При электрическом разряде в воде образуется химически активный атомарный кислород и озон. При высокой температуре в канале электрического разряда, основная часть меди вступает в химическую реакцию с кислородом с образованием оксидов меди (1).



Реакция окисления меди в основном происходит на поверхности электрода. Вторая реакция - окисление углерода (2), также происходит на поверхности графитовой кольцевой вставки.



Эти реакции относятся к гетерогенному типу химических реакций, в которых исходные элементы находятся в отличном друг от друга фазовом состоянии, в данном случае “твердое тело – газ”. Реакция между молекулой газа и поверхностью проходит в три стадии – физическая адсорбция молекулы газа, диссоциация молекулы газа и собственно хемосорбция: образование химической связи между диссоциированным атомом газа и атомом поверхности. Но, как известно из теории химии поверхности и гетерогенного катализа, не вся поверхность твердого тела одинаково химически активна. Поверхность твердого тела неоднородна и имеет дефекты кристаллической решетки, выступы и впадины. Согласно теории “активных центров” в химии поверхности, часть поверхности имеет большую реакционную способность, чем основная, из-за активных атомов на дефектах кристалла, у которых не скомпенсированы валентные связи с соседними атомами, электронно-дырочной проводимости и т.д. В химии гетерогенного катализа химическая активность катализатора определяется не только площадью поверхности катализатора и его химической природой, но наличием и количеством “активных центров”, на которых и происходит процесс катализа. Также необходимо напомнить, что химическое взаимодействие между атомами газа и поверхностью происходит на разделе фаз, размер которого мал и сопоставим с размером атома водорода. Следует отметить, что в экспериментах с электрическими разрядами в конденсированной среде происходит дополнительная, интенсивная активация поверхности электродов, что, в свою очередь, приводит к увеличению гетерогенных химических реакций.

В проведенных экспериментах атомы кислорода, по-видимому, вступают во взаимодействие с атомами меди, либо атомами углерода, находящимися в “активных центрах” поверхности электрода. Вероятно, что при этом взаимодействии атомы кислорода, меди или углерода, минуя стадию образования устойчивой молекулы оксида, претерпевают более глубокие изменения уже на ядерном уровне под действием или при наличии свободных электронов в электрическом разряде. Именно этим

фактом и можно объяснить, что только некоторая и совсем небольшая часть материала электрода участвует в процессе трансмутации, основная же часть материала электрода образует стандартные химические оксиды. Данным предположением объясняется также локальное расположение новых элементов на поверхности каплеобразного медного шарика.

Факт влияния гетерогенных химических реакций на процесс трансмутации и его результаты косвенно подтверждают работы американских ученых под руководством Дж. Бокриса (J. Bockris) [14]. В этих экспериментах по трансмутации в дуговом разряде на графитовых электродах в присутствии кислорода был зафиксирован в продуктах реакции синтез железа и кремния, в то время как при разряде в среде азота синтез новых элементов отсутствовал. Объяснение этому отличию результатов можно дать, если учесть, что между кислородом и углеродом возможно химическое взаимодействие, тогда как между углеродом и азотом химическая связь не образуется. Влиянием гетерогенных химических реакций на процесс трансмутации также можно объяснить результаты, полученные другими исследователями. Аналогично, как выше приведенный пример, в эксперименте Н.Г.Ивойлова и др. [15] присутствовало химическое взаимодействие углерода и кислорода. В эксперименте Д. Цирилло (D.Cirillo) и В. Иорио (V.Iorio) [21] присутствовало химическое взаимодействие вольфрама и кислорода на поверхности катода при электролитно-плазменном разряде (парогазовая среда вокруг катода заполнена кислородом и водородом). В эксперименте Казбанова В.И. и др. [17] по получению кремния из фосфида алюминия при дуговом разряде, выделяющийся белый фосфор вновь вступал во взаимодействие с алюминием. В эксперименте Ташполотова Ю. и Садыкова Э. по плавке базальтового материала [16] осуществлялись восстановление оксидов на графитовом электроде до металла и последующая реакция с кислородом. В эксперименте В.А. Кривицкого по трансмутации расплава свинца [19] происходило выделение кислорода из перекиси натрия и с дальнейшим окислением расплава свинца.

Таким образом, при электрическом разряде процессу трансмутации на ядерном уровне предшествует сначала химическое взаимодействие электронных оболочек атомов между двумя и более элементами на поверхности твердого тела и только на “активных центрах” этой поверхности. Если же у двух химических элементов отсутствует химическое сродство и возможность образовать, таким образом, химическую связь, то вероятность синтеза новых элементов минимальна либо отсутствует.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

В современных научных представлениях межатомное взаимодействие химических элементов делится строго на две группы – ядерное и химическое.

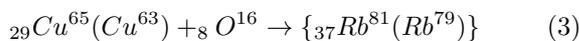
Ядерное взаимодействие между ядрами атомов происходит при больших энергиях (МэВ) и высоких тем-

пературах. В этом процессе происходит слияние и распад атомных ядер и, как следствие, перестройка электронных оболочек у вновь образовавшихся атомов.

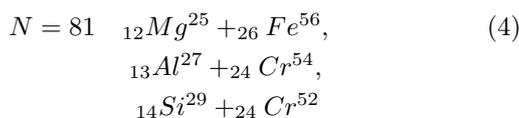
Химическое взаимодействие между атомами определяется только обменом валентными электронами и заполнением валентных электронных орбиталей и не затрагивает при этом структуры атомного ядра. Энергии, соответствующие химическим реакциям, находятся в диапазоне единиц электронвольт. Возможность влияния перестройки электронных оболочек атома на состояние ядра исключается [25].

Между тем, на основании обширного количества экспериментальных данных по низкоэнергетическим ядерным реакциям (НЭЯР), можно предположить наличие в природе третьего типа межатомного взаимодействия: ядерно-химические реакции (ЯХР). Этот третий тип межатомного взаимодействия предположительно определяется энергиями от единиц до сотен кэВ. Ядерно-химические реакции определяются влиянием перестройки электронных оболочек атомов на состояние и взаимодействие атомных ядер.

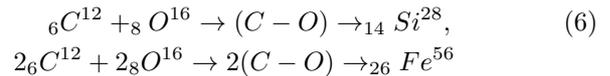
Так, можно предположить, что на первой стадии, в электрическом разряде в конденсированной среде атомы, например, кислорода, находящиеся в газовой фазе, вступают в реакцию посредством взаимодействия своих электронных оболочек с атомами, например, меди (материала электрода), расположенными в “активных центрах” поверхности электрода. В итоге образуется система, состоящая из двух-атомного интермедиата Cu-O, подобная атому рубидия Rb (3).



↓ сильные и электрослабые процессы ↓



На второй стадии, в результате сильных и электрослабых взаимодействий с участием свободных и атомных электронов происходит перестройка квазиатома (квазиядра) рубидия в другие атомы (ядра), например: магний, алюминий, кремний, хром, железо (4), (5). При этом в реакции должно сохраняться количество нуклонов-N и соблюдаться баланс по энергии: ядерно-химические реакции должны быть экзотермическими. Аналогично, при реакции в электрическом разряде атома кислорода на поверхности графита с атомом углерода, образуется интермедиат (C-O), который затем преобразуется в кремний или железо (6).



Напомним, авторы работы [4], [26] также предполагают, что в процессе трансмутации может участвовать и два ядра, и целый конгломерат атомных ядер. В многоатомных реакциях трансмутации осуществляются оба процесса: слияние многих атомных ядер (атомов) в одно общее образование и последующий распад этого образования на многие ядра. Данное утверждение разделяется автором настоящей работы.

Подводя итог проведенным экспериментам, можно отметить необходимые условия прохождения процесса трансмутации химических элементов при электрических разрядах в конденсированной среде:

- химическое средство исходных элементов, вступающих в реакцию трансмутации.
- наличие раздела фаз “твердое тело-газ” и поверхностных “активных центров”, на которых атомы находятся в особом, активном состоянии.
- гетерогенные химические реакции на “активных центрах”, в ходе которых обмен валентными электронами между атомами в определенных условиях влияют на перераспределение нуклонов в ядре атомов интермедиата с одновременными электрослабыми процессами с участием атомных электронов.
- наличие свободных электронов электрического разряда в зоне прохождения ядерно-химической реакции.

Возможно влияние еще других, не установленных факторов. Однако приведенные условия следует учитывать при планировании экспериментальных исследований процесса низко-энергетических ядерных реакций.

Автор выражает благодарность Г.В. Мышинскому за помощь в оформлении статьи, а также за продуктивные замечания и дополнения к настоящему исследованию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] А.В. Вачаев, Н.И. Иванов, Г.А. Павлова. Способ получения элементов и устройство для его осуществления. Патент РФ №2096846, 20.11.1997.
- [2] В.Ф. Балакирев, В.В. Крымский, Б.В. Болотов и др. *Взаимопревращение химических элементов, под ред. В.Ф. Балакирева*. УрО РАН, Екатеринбург, 2003.
- [3] А. Просвирнов, Ю.Л. Ратис. Сомнений не осталось, LENR существует. *Атомная стратегия XXI*, (11(84)):24–28, 2013г.
- [4] Г.В. Мышинский, В.Д. Кузнецов. Распределение по химическим элементам в продуктах низкоэнергетической трансмутации. *Нуклеосинтез / Материалы 14-й Российской конф. по холодной трансмутации ядер химических элементов*, М.2008, с.79-97.
- [5] Mahadeva Srinivasan, George Miley, Edmund Storms. Low energy nuclear reactions: transmutations / Preprint of review article distributed to participants of ICCF 16 Conference held in Chennai during, Feb 2011.

- [6] С.В. Адаменко. Концепция искусственно инициируемого коллапса вещества и основные результаты первого этапа ее экспериментальной реализации. / Препринт лаб. электродинамических исследований предприятия "Протон-21", Киев, 2004, Академперіодика,36с., <http://proton21.org.ua/articles.html>.
- [7] Л.И.Уруцкоев, В.И.Ликсонов, В.Г.Циноев. Экспериментальное обнаружение "странного" излучения и трансформация химических элементов. *Журнал радиоэлектроники*, (3):83-100, 2000.
- [8] D. Priem, G. Racineux, G. Lochak, C. Daviau, D. Fargue, M. Karatchentcheff, H. Lehn. Explosion électrique d'un fil de titane dans de l'eau en milieu confiné. *Annales de la Fondation Louis de Broglie*, 33(1-2):129-138, 2008.
- [9] Канарёв Ф.М., Тадахико Мизуно. Холодный синтез при плазменном электролизе воды. *Новая энергетика*, (1):5-10, 2003.
- [10] А.Кладов. Кавитационная деструкция материи. <http://roslo.narod.ru/rao/rao1.htm>.
- [11] G. Oshawa. George Oshawa's Transmutation Experiments. *East-West Magazine*, (3), 1965.
- [12] M. Kushi and G. Oshawa. *Kushi Institute Study Guide*, 10:1, 1980.
- [13] M. Singh, Saksena M., V. Dixit, and V. Kartha. Verification of the George Oshawa Experiment for Anomalous Production of Iron From Carbon Arc in Water. *Fusion Technology*, 26:266, November 1994.
- [14] R. Sundaresan, J. Bockris. Anomalous Reactions During Arcing Between Carbon Rods in Water. *Fusion Technology*, 26:261, November 1994.
- [15] Н.Г.Ивойлов, М.М.Бикчантаев, О.А.Стребков, Ю.Э.Халабуда, А.Х. Гильмутдинов, А.В. Волошин, А.В. Протасов. Трансформация ядер в условиях электроразряда. *Ученые записки Казанского Государственного Университета*, 151(3):52-62, 2009.
- [16] Ташполотов Ы. Садыков Э. Трансформация химических элементов в электродуговом разряде на примере базальтового расплава. /<http://www.electrosad.ru/files/LENR/ab88b15733.pdf>.
- [17] Патент №2140110 РФ. МКИ G 21 G 1/00, C 01 B 33/00. Способ получения кремния/ В.И. Казбанов, А.Г. Оладо, В.И. Трофимов, Г.М. Рыбаченко, Т.К. Казбанова. Заявл. 12.03.97 // Изобретения, 1999. №27. с. 389.
- [18] Казбанов В.И., Оладо А.Г., Рыбаченко Г.М. и др. Образование кремния высокого давления из других элементов в системе O-Al-Si-P. // Сб. научных тр. Под ред. проф. В.В. Стапуры. Красноярск, 1998. Вып.4. с. 442-445.
- [19] В.А.Кривицкий. Трансмутация химических элементов в эволюции Земли. *Геоинформатика*, (4):50-53, 2003.
- [20] В.А.Кривицкий. Трансмутация химических элементов в эволюции Земли. *Геоинформатика*, (1):42-50, 2003.
- [21] D. Cirillo and V. Iorio. Transmutation of metal at low energy in a confined plasma in water. / in Eleventh International Conference on Condensed Matter Nuclear Science. 2004. Marseille, France.
- [22] Паньков В.А., Кузьмин Б.П. Демонстрационная методика синтеза элементов из воды в плазме электрического разряда. *Актуальные проблемы современной науки*, 44(5):112-116, 2008.
- [23] А.Г. Павлова. Разработка основ технологии получения металлов из состояния водно-минеральных систем.: Дисс. на соиск. степени к.т.н., Екатеринбург: ИМЕТ Уро РАН, 1997. 120с.
- [24] Лукашов В.П., Максимов Е.Н. Низкоэнергетическая трансмутация элементов в дуговом разряде, горящем в воде. / Доклад на III Всероссийской конференции "Взаимодействие высококонцентрированных потоков энергии с материалами в перспективных технологиях и медицине", Новосибирск, 2009 г.
- [25] И.Н. Бекман. *Ядерная физика. Курс лекций / Учебное пособие*. МГУ, МГУ, 2010.
- [26] Kuznetsov V.D., Mishinsky G.V., Penkov F.M., Arbutov V.I., Zhemenik V.I. *Annales de la Fondation Louis de Broglie*, 28(2):173-214, 2003.