

УДК 06.3

DOI: 10.52531/1682-1696-2023-23-3-17-22

Научная статья

# АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ $\theta$ -ПИНЧА В ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ

**Б. Ю. БОГДАНОВИЧ,  
А. В. НЕСТЕРОВИЧ**

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Процессы, происходящие при образовании пинчевых разрядов, интенсивно изучались и изучаются в программах реализации управляемого термоядерного синтеза, однако до полного понимания механизмов во время разряда еще далеко. Имеются значительные достижения на пути реализации УТС в магнитных ловушках, однако до окончательного вывода о преимуществах этого решения также еще далеко. Данная работа направлена на совершенствования одной из задач физики плазмы, а именно – объяснение факта закручивания и сжатия плазменного потока в  $\theta$ -пинче.

Одновременно дается анализ возможных причин формирования подобного типа потоков ионизованного воздуха в природных условиях, а именно, при смерчах и подобных явлениях (торнадо и других). В качестве одного из аргументов такого обобщения используется факт существования оглушительного треска на поверхности земли в основаниях смерча, что характерно только для потока водяных капель, обладающих высоким потенциалом, то есть вертикального тока. В качестве основы для анализа взяты результаты экспериментального и теоретического анализа периодического разряда в потоке жидкости (ПРПЖ), основательно изученного ранее.

**Ключевые слова:** физика плазмы, ионизация, поток жидкости, периодический разряд, разряд в потоке, пинч, плазмOID

Данная работа является развитием направления, связанного с интерпретацией ряда физических явлений, сопровождающих ионизацию газов (в частности, воздушной среды) в сильноточных разрядах. В качестве основного инструмента моделирования процессов использовано представление о наличии в общей массе образованных ионов незначительного количества ядер (атомов), имеющих магнитный заряд (предположительно, порядка нескольких частиц

*Original article*

## ANALYSIS OF THE PROCESSES OF $\theta$ -PINCH FORMATION IN LABORATORY AND NATURAL CONDITIONS

**B.YU. BOGDANOVICH, A.V. NESTEROVICH**  
NATIONAL RESEARCH NUCLEAR UNIVERSITY  
«МЕРНИ»

The processes that occur during the formation of pinch discharges have been intensively studied and are being studied in programs for the implementation of controlled thermonuclear fusion, however, it is still far from a complete understanding of the mechanisms during the discharge. There are significant achievements on the way to the implementation of CTS in magnetic traps, but the final conclusion about the advantages of this solution is still far away. This work is aimed at improving one of the problems of plasma physics, namely, explaining the fact of twisting and compression of the plasma flow in the  $\theta$ -pinch.

At the same time, an analysis is given of the possible reasons for the formation of this type of ionized air flows in natural conditions, namely, during tornadoes and similar phenomena (tornadoes and others). As one of the arguments for such a generalization, the fact of the existence of a deafening crack on the surface of the earth at the bases of a tornado is used, which is typical only for a stream of water droplets with a high potential, that is, a vertical current. As a basis for the analysis, the results of the experimental and theoretical analysis of a periodic discharge in a liquid flow (PDLF), which were thoroughly studied earlier, were taken.

**KEY WORDS:** plasma physics, ionization, liquid flow, periodic discharge, flow discharge, pinch, plasmoid

на 1000 ионов). Это предположение более всего относится к ионам двухатомных газов, входящих в состав воздуха (азот, кислород, водород). Можно предположить, что экспериментаторы, пытавшиеся ранее обнаружить такие частицы, ранее не могли этого осуществить в силу относительно малого количества таких магнитно-заряженных частиц, а также несовершенством инструментария (поиски велись десятки лет, начиная с 30-х годов прошлого века). В последние десятилетия понятие о «магнитных зарядах» опять было актуализировано разными исследователями ([2] библиография к [2, 4]). Авторы не исключают, что маг-

нитный заряд может присутствовать в протоне. Автор идеи о существовании магнитного заряда Дирак не исключал, что он может иметь чисто электромагнитную массу, его коллеги рассмотрели вариант с монополюмом, имеющим массу протона, далее утверждалось, что она может быть более нескольких масс протона, а затем появились предположения о массе, в  $10^{16}$  раз больше массы протона. Окончательный ответ даст только эксперимент.

Изучение динамики частиц при формировании пинча (аналогично смерчу) может проводиться в лабораторных условиях, как это было осуществлено в работах по исследованию дуговых и пинчевых разрядов на установке с периодическим разрядом в потоке жидкости [2]. Схема и работа установки достаточно подробно описаны в ряде предыдущих публикаций (см. библиографию к [2]).

В целом, процесс формирования  $\theta$ -пинча наглядно иллюстрируется на рис. 1. В лабораторной установке создается электрическое поле вертикального направления (как правило, ускоряющее электроны к заземленному аноду в виде пластин). Катодом является электрод в виде металлической трубки, находящейся под потенциалом около 7,5 кВ, по которой подается жидкость (как правило, вода). Струя жидкости периодически разрывается из-за гидростатического удара при протекании тока по ее поверхности с частотой до 50 Гц. В окружающем пространстве идет накопление зарядов и формирование кластеров с поперечным размером около 1 мм (расстояние анод-катод около 4 мм, диаметр струи около 0,3–0,5 мм). Процесс образования кластеров фиксирует быстродействующая кинокамера. Как результат – образование пинчей высотой до 4 мм, представляющих собой зоны светящегося воздуха, насыщенного парами воды, водорода, кислорода и азота (результат ионизации). Основание столба плазмы – типичный  $\theta$ -пинч, о чем говорят отпечатки на аноде. Диаметр отпечатков – (30–200) мкм. В ряде

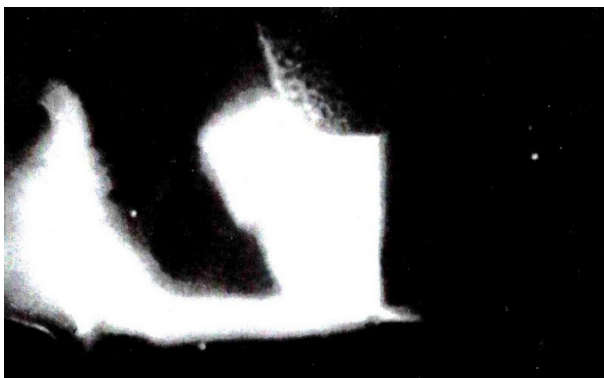


Рис. 1. Характерный пинчевой разряд (слева), образуемый при дуговом разряде по струе жидкости в импульсном режиме

случаев они представляют из себя кольца, окружающие центральную зону в виде перегретого металла.

Численный расчет параметров пинча может быть проведен по формулам для динамики магнитных зарядов, образуемых при ионизации в кластерах и ближней зоне [1]. В частности, для этого может быть использовано выражение для вычисления силы, действующей на частицы, имеющие как магнитный, так и электрический заряды (соответственно «g» и «e») (в научной литературе они носят название «дионы»):

$$\vec{F} = e\vec{E} + g\vec{H} + \left[ \frac{\vec{v}}{c} \times (e\vec{H} - g\vec{E}) \right], \quad (1)$$

где  $E$  – напряженность электрического поля;  $H$  – напряженность магнитного поля;  $v$  – скорость частицы;  $c$  – скорость света в вакууме.

Формула (1) приведена в системе единиц [СГСМ], как в первоисточнике [3].

Будем считать, что магнитное поле в зоне пинчевого разряда создается в основном током электронов в приосевой области, описываемой формулой:

$$I(r) = I_0 \left( \frac{r}{R_0} \right), \quad (2)$$

где  $I_0$  – известное (из эксперимента) значение тока электронов в потоке радиусом  $R_0$ . При этом значение напряженности азимутального магнитного поля имеет постоянную величину  $H_\theta = \frac{2I_0}{R_0}$ . В этом случае интегрирование уравнения (1) дает следующие зависимости:

$$r(t) = r_0 \pm \frac{1}{6} G t^3 \quad (3)$$

где «+» соответствует частицам с «южной» полярностью», а «-» – с «северной», и

$$z(t) = z_0 \pm \left( \frac{DG}{24m} \right) t^4. \quad (4)$$

где «+» соответствует «южной» полярности», а «-» – «северной» полярности,  $m$  – масса частицы, имеющей магнитный заряд. Параметры  $D$  и  $G$  имеют следующий вид:  $G = 2 \left( \frac{r}{R_0} \right) \left( \frac{g}{m} \right)^2 \frac{Ez}{c}$ ;  $D = \frac{H_0 e}{c}$ . Величины «g» и «e», в соответствии с законами квантовой физики, связаны соотношением [3].

$$g = 67,5e \quad (5)$$

Сравнивая соотношения (3) и (4) можно сделать вывод о том, что траектории «дионов» в пинче имеют характер раскручивающейся (для «южных» полярностей) или скручивающийся (для «северных») спиралей, причем смещение траекторий вверх или вниз относительно мало, если не учитывать электрическое поле, действующее на электрические заряды, а также гидродинамические факторы. При значении  $I_0 = 1$  кА (данные эксперимента с ПРПЖ), имеем  $H \approx 2 \times 10^3$

Эрстеда,  $E_z \approx 2,5 \times 10^{12}$  [ед. СГСМ], имеем  $G \sim 10^{17}$  [ед. СГСМ], откуда получаем  $t \approx 4^3 \sqrt{r(t)}$  [мкс], т.е. при  $r \sim 1$  см имеем  $t \sim 4$  мкс (в частности, для «южных» дионов). Это близко к экспериментальным значениям.

Исходя из значений  $r(t) = 50$  мкс (для дионов с «северным» полюсом) для минимального размера отпечатка и приравнявая значения центростремительной к центробежной сил, получим оценочное значение средней скорости дионов протонной массы, равное  $v = 10$  км/с, что совпадает со значением, определенным для магнитных зарядов с учетом их взаимодействия со средой, правда, при допущении о их «ядерной активности».

Схема на рис. 2 представляет интерес не только для рассматриваемого варианта практической реализации в лабораторных условиях, но и в более крупном и более мелком масштабе.

В частности, имеются все основания полагать, что она применима к описанию смерчей (и т.п. явлений – торнадо и др.), о чем будет сказано ниже.

Рассмотрим механизм формирования пинча в смерче. Как принято считать, земля в целом заряжена отрицательно по отношению к атмосфере, хотя при грозе бывает наоборот, а иногда распределение потенциала носит слоистый характер. До высоты около 4 км напряженность электрического поля составляет около 130 В/м, хотя при грозе – до 1000 В/м. Это означает, что на высоте нижней кромки облаков (500 м) потенциал может иметь значение до 300 кВ.

Надо учесть, что при выпадении осадков капли дождя, формируясь при потенциале порядка (300–500) кВ, опускаясь к земле, отдают частично свой заряд облакам в нижней части, как это происходит в электростатическом генераторе Ван-де-Графа (до 30 МВ). Подтверждением этого являются измерения энергии фотонов при грозе (до 10 МэВ и выше).

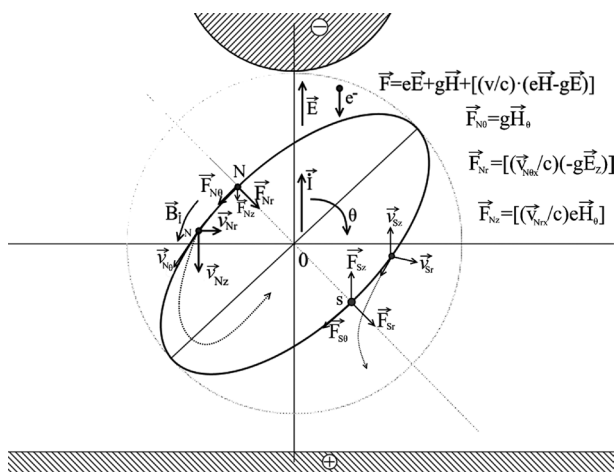


РИС. 2. Картина силовых линий и скоростей магнитных зарядов в вертикальном электрическом поле и магнитном поле вертикального тока (пояснения в тексте)

Это свидетельствует о том, что на землю попадают капли (и градины) с потенциалом до сотен киловольт, об этом говорит сильнейший треск и даже постоянный гул, который переходит в треск при попадании заряженных капель на землю во время смерча. Авторы наблюдали такое явление в лабораторных условиях, направляя струю воды от высоковольтного электрода – инжектора на конце шланга (расстояние до 5 м от заземленного коллектора). Это указывает на наличие вертикального тока в основании смерча (ток образуется зарядами, переносимыми каплями и градинами). Имеются основания считать, что зона локализации основания пинча (смерча) соответствует максимальной высоте облака над ним, т.к. максимальной высоте соответствует максимальный потенциал нижней кромки облака и, естественно, «провисание» потенциала, т.е. максимальная напряженность поля и, естественно, максимальная скорость падения капли.

Оценочные расчеты, использующие данные по размерам капель (для тумана – более 2 мкм), количество капель (до 100 в 1 см<sup>3</sup>), скорости капель в нижней части облака до 10 м/с, показывают, что для превышения азимутального магнитного поля для осесимметричного потока, образованного током в зоне пинча, над фоновым значением тока в периферийной зоне при значении магнитного поля Земли ( $\sim 0,4 \times 10^{-4}$  Тл), в основании пинча (смерча) диаметром 2 метра значение плотности тока должно составлять 0,5 мА/см<sup>2</sup>. По мере удаления от оси симметрии (в ближней зоне от пинча) индукция нарастает линейно с радиусом (пока «работает» расчетная модель).

Формирование  $\theta$ -пинча происходит следующим образом (рис. 3).

Поток положительных зарядов на своем пути сильнейшим образом ионизует атмосферу, поскольку при потенциале каждой капли, например, порядка

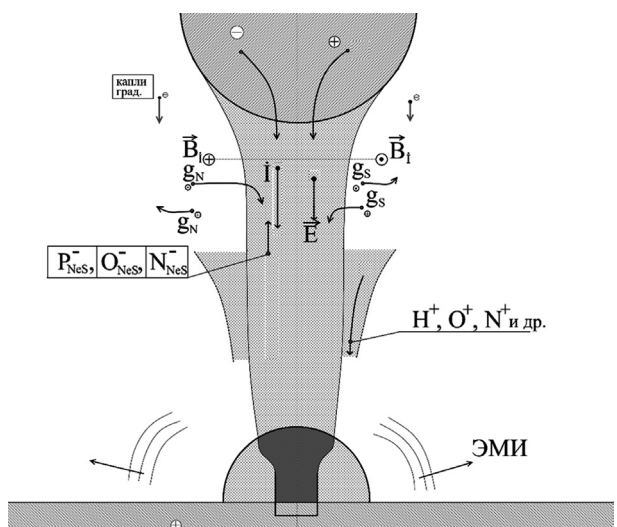


РИС. 3. Схема формирования смерча (пояснения в тексте)

25 кВ, соответствующей высоте (150–200) метров (напряженность поля Земли  $\sim 130$  [В/м]), вокруг капли образуется локальная зона коронного разряда (лавиной ионизации). Это увеличивает проводимость атмосферы в «столбе плазмы», тем более, что при этом вероятно (в рамках рассматриваемой модели) появление кластеров, содержащих магнитные заряды [1]. Потоки ионов образуют азимутальное магнитное поле  $\vec{B}_I$ , способное ускорять образуемые в результате ионизации магнитные заряды  $N$  и  $S$  («северные» и «южные»). Благодаря наличию электрического поля напряженностью  $E$  возникает радиальная сила  $\vec{F}_N$ , являющаяся центробежной для частиц (предположительно, протонов), имеющих «южный» заряд. Поэтому поток этих частиц сжимается к оси, закручиваясь вокруг нее благодаря силе  $\vec{F}_{N\theta}$ , значение которой определено формулой ( $F_{N\theta} = gH_\theta$ ). С другой стороны, магнитные заряды «северной» полярности испытывают действие силы, направленной от оси. Таким образом, формируется  $\theta$ -пинч, поскольку траектории магнитных зарядов с «северной» полярностью имеют вид раскручивающихся спиралей, уходящих вверх, а магнитные заряды «северной» полярности движутся по траектории с «закрученной» спиралью, опускаясь вниз. Поток остальных частиц (молекул, атомов и др.) в силу законов газовой динамики имеют внешне вид конуса с вершиной на земле. Важно и то, что общее количество зарядов «южной» полярности увеличивается с уменьшением высоты (расстояния до земли). Это может объясняться накоплением данных частиц с уменьшением высоты столба ионизованной воздуха при приблизительно одинаковой вероятности ионизации по высоте. В то же время количество «северных» полюсов возрастает с высотой по той же причине (если длина пробега ядерно-активных монополей достаточно велика). Таким образом, несмотря на встречный характер азимутального движения полюсов, столб в целом вращается внизу быстрее, чем сверху, что и есть на самом деле.

В таком «столбе» электроны вращаются вместе с остальной плазмой, что еще больше сжимает поток в прианодной зоне.

То, что нижняя часть имеет меньше поперечный размер, чем верхняя, определяет динамику смерча в целом, а именно, вращение в одном (или в двух встречных) направлении. Сила магнитного поля вблизи оси намного больше, т.к. резко возрастает с уменьшением радиуса вращения, однако масса газа существенно меньше. Поток заряженных протонов (и других атомов), а также магнитозаряженных капель увлекает остальные частицы, в том числе, и в верхней части.

Поток электронов из грозового облака на Землю создает азимутальные встречные потоки магнитных зарядов при ионизации среды ( $gN$  и  $gS$ ), которые образуют встречные потоки воздуха, только центральный поток (против часовой стрелки) является более

плотным и увлекает за собой остальных «участников» процесса, т.к. он локализован вблизи оси. Образованные после ионизации кластеры, содержащие ядра водорода, кислорода и азота, объединены электронными оболочками, в целом определяющими их заряд (отрицательный). Они направляются вниз вместе с электронной компонентой. Кластеры обозначены как  $\rho_{Nes}^-$ ,  $v_{Nes}^-$  и  $N_{Nes}^-$  [1].

В зоне локализации пинча при соответствующих условиях возможна ядерная реакция, сопровождающаяся генерацией мягкого рентгеновского излучения.

Как известно, основная энергия смерча – энергия вращающегося потока воздуха с пылью и образованными в результате ионизации частицами. При вращении, как очевидно, с практически одинаковой угловой скоростью, смеси газов, осуществляется разделение по фракциям, как в центрифуге для разделения изотопов при получении ядерного горючего. В таком случае наиболее легкие газы (водород) локализованы ближе всего к оси вращения, что говорит о наибольшей концентрации. Если они вращаются достаточно долго, не исключена вероятность синтеза этих атомов, т.е. тепловое энерговыделение. Следуя этой логике, можно предположить и ядерные реакции, тем более, что их продукты фиксируются в лабораторных экспериментах [4].

В основании пинча и смерча создается зона повышенного давления, сопровождающаяся разлетом мелкодисперсной смеси паров воды и пыли, а также продуктов ионизации, что регистрируется видеосъемкой. Избыточное давление может объясняться переходом волны сжатия при попадании заряда капель на поверхность в волну разрежения, достигающую значительных амплитуд (ЭМИ, в том числе акустического диапазона).

Смесь газов с повышенной температурой устремляется вверх по законам гидродинамики и вращается со скоростью до 500 км/ч.

На рис. 4 показано, что вблизи от зоны локализации разряда по траектории, близкой к окружности, движутся плазмиды, которые могут испытывать действие силы азимутального направления.

Доказательством правильности модельных представлений является наличие продуктов ядерных реакций на поверхности образцов, подверженных действию пинчевых разрядов [4].

Еще одним аргументом может явиться уникальный факт проникновения предметов, имеющих хрупкую конструкцию (солемы, щепок) на большую глубину (несколько сантиметров и более) внутрь довольно прочных объектов (доски и т.п.). При этом сами увлеченные потоком воздуха элементы не деформируются. Это может объясняться тем, что данные предметы на значительную глубину (до нескольких долей мм) «пропитаны» слоем магнитных зарядов, являющихся ядерно-активными [4].



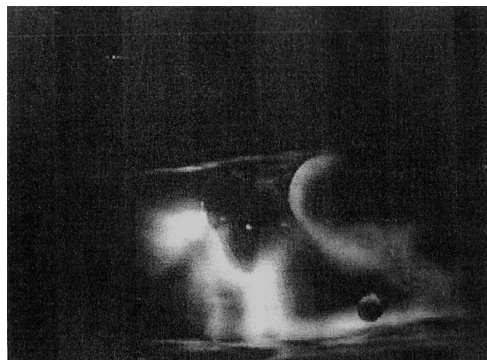


Рис. 4.

Движение образовавшегося при ПРПЖ кластера по касательной мимо оси разряда

Дополнительные доказательства участия магнитных зарядов в пинчевых разрядах получены на лабораторной установке, формирующей ПРПЖ (периодический разряд в потоке жидкости). Суть эксперимента состояла в регистрации наличия воздействия этих зарядов на объекты, находящиеся в зоне разряда и вблизи от нее. В частности, было установлено, что на поверхности диэлектрических пластин, установленных вертикально на расстоянии до 1 м от разряда, обнаруживаются точечные зоны проплавленного вещества (темные точки), за которыми имеются проплавленные зоны такого же размера (50–100 мкм) на металлических покрытиях кремниевых пластин (в частности, на позолоченной поверхности флэш-карты).

Структурный анализ флэш-карты проводился с помощью метода растровой электронной микроскопии (РЭМ) на электронном микроскопе DSM-960 «Ortiox» (Германия) с ускоряющим напряжением 5 и 10 кВ и предельным пространственным разрешением 100 нм (для проводящих образцов). Изображение поверхности формировалось вторичными электронами.

Элементный анализ проводился с помощью метода рентгеновской эмиссионной спектроскопии РЭС на растровом электронном микроскопе DSM-960 «Ortiox» с энергодисперсионным анализатором Amptec (США). Данный метод основан на возбуждении характеристического рентгеновского излучения в исследуемом материале при его облучении быстрыми электронами и позволяет исследовать интегральный элементный состав поверхностных слоев образца (глубина 1 мкм). Пространственное разрешение метода составляет ~1 мкм. Представленные рентгеновские эмиссионные спектры различных участков поверхности образца получены при ускоряющем напряжении электронного пучка 10 и 20 кВ.

Морфология поверхности флэш-карты установленные рентгеновские эмиссионные спектры на рис. 5. Внутри круглого дефекта образованы регулярные индиевые дорожки микронной толщины. Появление ин-

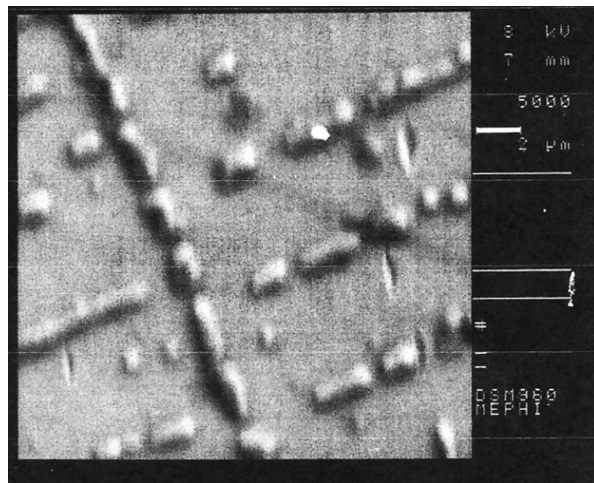


Рис. 5.

Поверхность флэш-карты с «отпечатком» после попадания на нее кластера, предположительно содержащего ядерно-активные элементы (магнитные заряды)

дия в технологических процессах при изготовлении флэш-карты данного типа абсолютно исключено.

Кроме индия, установлены никель, рутений, сурьма, кальций, хлор.

Образование дорожек из отдельных фрагментов типа «палочек», а также крестообразная конфигурация образованных фигур, может объясняться механизмом формирования кластеров, описанным в работе [1]. Суть процесса сводится к взаимодействию идентичных магнитных зарядов противоположной полярности («северных» и «южных»), каждый из которых имеет четное число квантов магнитного потока (2, 4, 6 и т.д.) (рис. 6). При этом возможно образование линейной конфигурации, как показано на рисунке, а также объемной, если число квантов более двух. Каждая пара монополей противоположной полярности объединена электронной «оболочкой», аналогично схеме для фуллеренов (многоатомных молекул-углерода, азота и др.). В процессе объединения монополей в цепочку предельное число электронов на пару монополей составляет 137, как предсказывает квантовая механика [1]. Поэтому в целом данная цепочка имеет отрицательный заряд, тогда как магнитный заряд в цепочке в целом может быть тем или иным, в зависимости от числа монополей (четное и нечетное). При сближении отдельных «палочек» на ближайших концах соседних палочек может наступить момент равновесия между силами притяжения крайних магнитных зарядов и интегральных сил отталкивания за счет кулоновского отталкивания электронных зарядов.

Каждая цепочка магнитно-заряженных «молекул» (или атомов, например, индия и никеля) имеет возможность «обрастать» нейтральными атомами, в соответствии с законами кристаллографии (физики твердого тела).

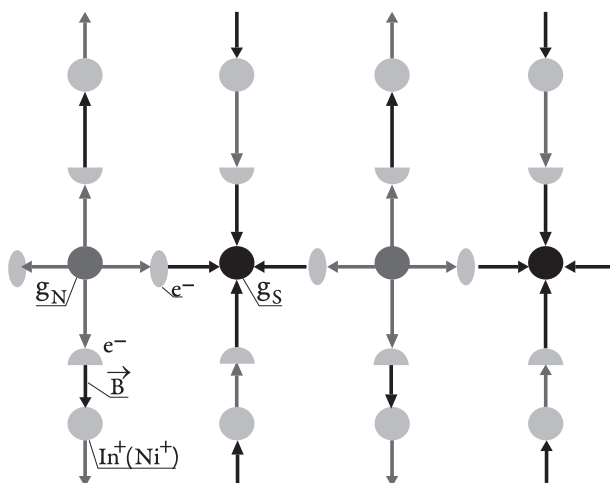


Рис. 6.

Схема, поясняющая структуру «нитей», содержащих цепочку магнитных зарядов чередующейся полярности («север» – «юг»)

Таким образом, образование кластеров с ядерно-активной оболочкой в пинчевых разрядах может иметь теоретическое обоснование. Это указывает на опасность поражения живых организмов при попадании в зону локализации таких пинчей.

Изучение природы таких явлений, как смерч (аналог пинчевого разряда в лаборатории) позволяет подойти к решению проблемы использования колоссальной энергии вращения в установках, сравнительно безопасных по сравнению с ядерными и термоядерными реакторами, хотя и не исключает полностью их участие в процессе.

Самостоятельный интерес представляет вопрос образования в зоне разряда сферических объектов различного диаметра (от 1 мм в диаметре и меньше). Если предположить, что они имеют оболочку в виде сетки по типу рис. 6, то их заряд имеет отрицательное значение (см. выше) и возможно их ускорение, в том числе с частицами внутри оболочки (атомы, ионы). Это своеобразный механизм «коллективного ускорения». Об этом свидетельствуют следы на поверхностях вблизи разряда.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **БОГДАНОВИЧ Б.Ю., НЕСТЕРОВИЧ А.В.** Механизм структурирования плазмидов в ионизированной газовой среде // Вестник РАЕН. 2022. Т. 22. № 3. С. 77–84.
2. **НЕСТЕРОВИЧ А.В.** Исследование воздействия пинчевых плазмидов в периодическом разряде в потоке жидкости на окружающую среду // Журнал технической физики. 2019. Т. 89. № 9. С. 1344–1351.
3. Сборник статей «Монополь Дирака». Под ред. Б.М. Болотовского, Ю.Д. Усачева. М.: Изд-во Мир, 1970.

4. **NESTEROVICH A.V.** Investigation of the elemental composition of samples after exposure to  $\theta$ -pinches in the vicinity of periodic discharges in a flow of liquid. В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. IV International Conference «Laser and Plasma Research and Technologies, LaPlas 2018. 2019. С. 012039.

#### REFERENCES

1. **BOGDANOVICH B.YU., NESTEROVICH A.V.** The mechanism of plasmoid structuring in an ionized gaseous medium. *Vestnik RAEN*. 2022;22;(3):77–84. (In Russian).
2. **NESTEROVICH A.V.** Analysis of Action of Pinch Plasmoids in a Periodic Discharge in a Liquid Flow on Ambient Medium. *Zhurnal tekhnicheskoy fiziki*. 2019;89;(9):1344–1351. DOI <https://doi.org/10.1134/S1063784219090111>. (in Russian).
3. Selected articles “Dirac Monopole”. Editor B.M. Bolotovskiy, Yu.D. Usacheva. Moscow: Mir, 1970. (In Russian).
4. **NESTEROVICH A.V.** Investigation of the elemental composition of samples after exposure to  $\theta$ -pinches in the vicinity of periodic discharges in a flow of liquid. In Proc.: Journal of Physics: Conference Series. IV International Conference «Laser and Plasma Research and Technologies, LaPlas 2018, 2019:012039.

**Богданович Борис Юрьевич**,  
д.т.н., профессор, зав. НИЛ Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Нестерович Александр Владимирович**,  
д.ф.-м.н., профессор, зав. НИЛ Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

☎ 115409, г. Москва, Каширское ш., д. 31,  
115409, Moscow, Kashirskoe sh., 31,  
тел.: +7-916-534-96-30, e-mail: frontlines.07@gmail.com