



V МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
ГАЗОРАЗРЯДНАЯ ПЛАЗМА  
И СИНТЕЗ НАНОСТРУКТУР

Г. КАЗАНЬ, 20 - 24 НОЯБРЯ 2024

**СБОРНИК ТРУДОВ**

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН  
КАЗАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А. Н. ТУПОЛЕВА — КАИ  
КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО ФИЗИКЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ  
КАЗАНСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ Е. К. ЗАВОЙСКОГО  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН»  
АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

# **V МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

## **«ГАЗОРАЗРЯДНАЯ ПЛАЗМА И СИНТЕЗ НАНОСТРУКТУР»**

*Сборник трудов (г. Казань, 20–24 ноября 2024)*

Казань  
Издательство «Бук»  
2025

УДК 533.9+620.3(063)  
ББК 22.333+22.353.2я431  
П99

**Редакционная коллегия:**

Борис Ахунович Тимеркаев, член-корр. Академии наук РТ, профессор,  
доктор физико-математических наук;  
Ильназ Изайлович Файрушин, кандидат технических наук;  
Артем Олегович Софроницкий, кандидат технических наук;  
Алмаз Ильгизович Сайфутдинов, доктор физико-математических наук.

П99 **V Международная конференция «Газоразрядная плазма и синтез наноструктур»** : сборник трудов (г. Казань, 20–24 ноября 2024) / М-во высшего образования и науки Российской Федерации, М-во образования и науки Республики Татарстан, Казанский нац. исследовательский технический ун-т им. А. Н. Туполева — КАИ и др. — Казань : Бук, 2025. — 424 с. — Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-00254-179-9.

Материалы конференции предназначены для специалистов в области физики газоразрядной плазмы, наноматериалов и нанотехнологий. Могут быть полезны студентам и аспирантам соответствующих специальностей.

УДК 533.9+620.3(063)  
ББК 22.333+22.353.2я431

ISBN 978-5-00254-179-9

## ОБРАЗОВАНИЕ ГАЗОВ ИЗ ВЕЩЕСТВА ВОДНОГО РАСТВОРА, СЛУЖАЩЕГО В КАЧЕСТВЕ ЖИДКОГО ЭЛЕКТРОЛИТНОГО КАТОДА

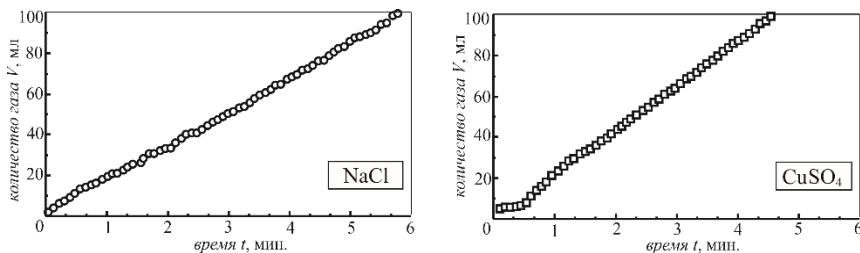
**Х. К. Тазмеев<sup>1</sup>, Р. Н. Тазмеева<sup>1</sup>, Г. Х. Тазмеев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>НАБЕРЕЖНОЧЕЛНИНСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ", НАБЕРЕЖНЫЕ ЧЕЛНЫ, РОССИЯ

Газовый разряд, контактирующий с жидким электролитом, представляет собой достаточно сложный объект для исследований. Сложность обусловлена тем, что процессы, происходящие в плазме разряда тесно связаны с физико-химическими свойствами водного раствора, служащего в качестве жидкого электрода. Плазма образуется из вещества, поступающего из водного раствора. К самому раствору направлен поток частиц из разрядной области. Таким образом происходят процессы переноса массы и энергии, которые тесно взаимосвязаны между собой. Часть вещества водного раствора переходит в газообразное состояние. Молекулы воды диссоциируют, образуя водород и кислород. Растворенные вещества также могут быть газифицированы. Изучение таких процессов важны для разработки плазменных технологий с применением газового разряда с воднорастворными электродами. Важно знать расход водного раствора на образование газов. В некоторых случаях образовавшиеся газы (без водяного пара) будут представлять собой безвозвратные потери. В открытой атмосфере они будут улетучиваться. В закрытых (изолированных от внешней среды) системах водяной пар может быть конденсирован и обратно вовлечен в процесс. При этом образовавшиеся газы, такие как водород, кислород и другие, окажутся в составе конечных продуктов. Например, в технологиях плазменной газификации [1, 2].

В данной работе экспериментально исследованы газовые разряды, возбуждаемые над жидким электролитным катодом. В качестве катода использованы водные растворы хлорида натрия, гидроксида натрия и медного купороса с концентрациями 0,1 - 0,5 моль/л. Исследования проведены в диапазоне токов 100 – 150 мА. Разряд горел в небольшом пространстве, составлявшем около 3 см<sup>3</sup>. Парогазовая смесь, образующаяся при горении разряда, отводилась в емкость с водой и подвергалась

конденсации. Объем накопившегося газа непрерывно фиксировался во время горения разряда. В установившихся режимах горения нарастание объема газов происходило практически линейно (рис. 1). Объемная скорость образования газов была определена графически из полученных результатов.



**Рисунок 1.** Динамика процесса газообразования на примерах отдельных экспериментов. Разрядный ток 140 мА. В качестве катода водный раствор: (а) – хлорида натрия с концентрацией 0,2 моль/л; (б) – сульфата меди с концентрацией 0,1 моль/л.

Во время горения разряда газы частично образуются в электролизных процессах внутри водного раствора. Количество электролизных газов можно рассчитать по законам Фарадея. Расчеты показали, что фарадеевский выход составляет небольшую долю в объеме газов, образующихся в экспериментах. Следовательно, основным процессом газообразования является разложение молекул воды в разрядной зоне. Соответственно, отношение объемов водорода и кислорода должно быть примерно 2:1. В таком предположении содержание водорода в образовавшихся газах в 10-12 раз превышает расчетные значения по законам Фарадея. Такие закономерности находятся в согласии с другими экспериментальными данными, представленными в обзоре [3].

В работе представлена оценка влияния на газообразование таких факторов, как ток разряда, химический состав и концентрация водного раствора.

#### **Литература:**

- [1] Tazmeev A.K., Tazmeeva R.N. //2017 J. Phys.: Conf. Ser. 2017. V. 789. P. 012058
- [2] Jianjun H., Wenkang G., Ping X. // Plasma Sci. Technol. 2005. V. 7. P. 3148
- [3] Bespalko, S.; Mizeraczyk, J. // Energies. 2022. V. 15. P. 7508

tazmeevh@mail.ru