



Симметричные следы частиц, образующихся при прохождении тока через водный раствор гидрокарбоната натрия.

А.И. Никитин, В.А. Никитин,

А.М. Величко, Т.Ф. Никитина

Институт энергетических проблем химической физики
им. В.Л. Тальрозе

Федерального исследовательского центра химической
физики им. Н.Н. Семёнова РАН

E-mail: anikitin1938@gmail.com

8-я Конференция Физика водных растворов

Аннотация

- Исследованы следы частиц, появляющихся при электрическом разряде в электролите. Обнаружены группы следов абсолютно одинаковой формы. Предложена гипотеза, согласно которой частицы представляют собой многозарядные водные кластеры, структура которых подобна структуре шаровой молнии. Открыт новый класс короткоживущих аэрозольных частиц.

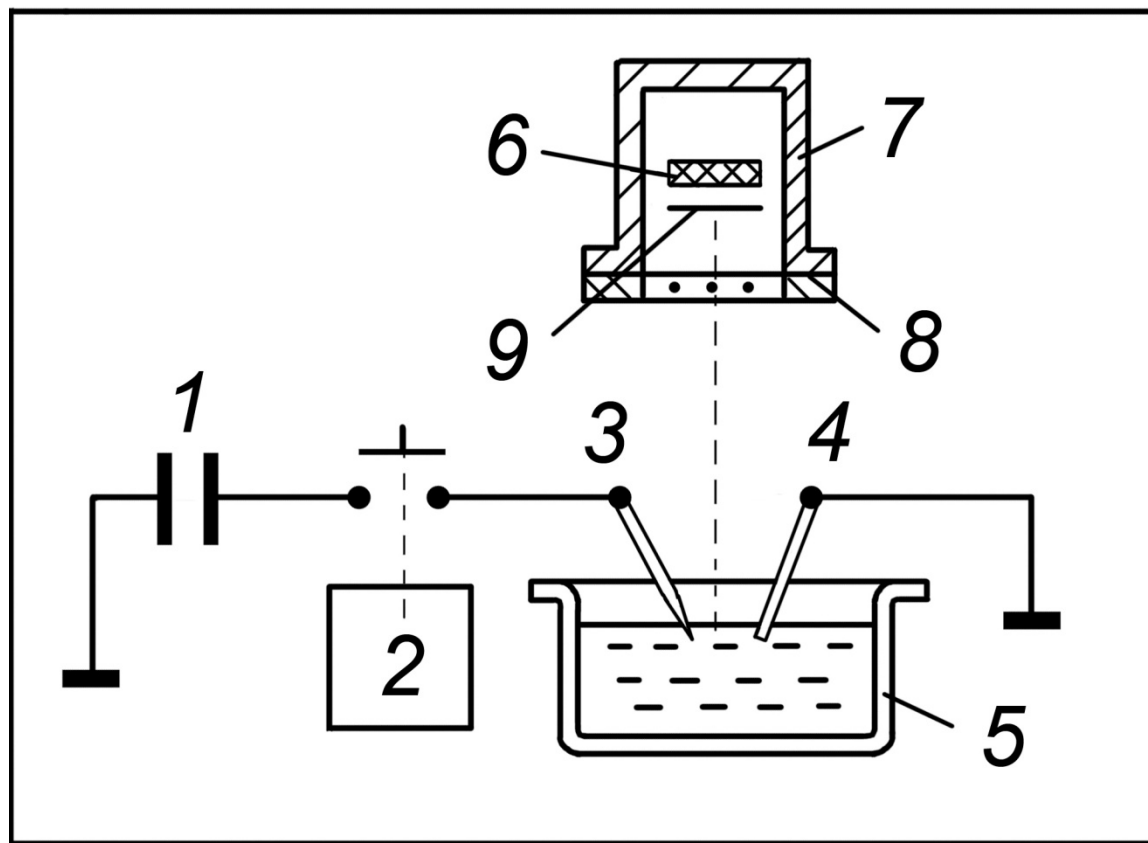
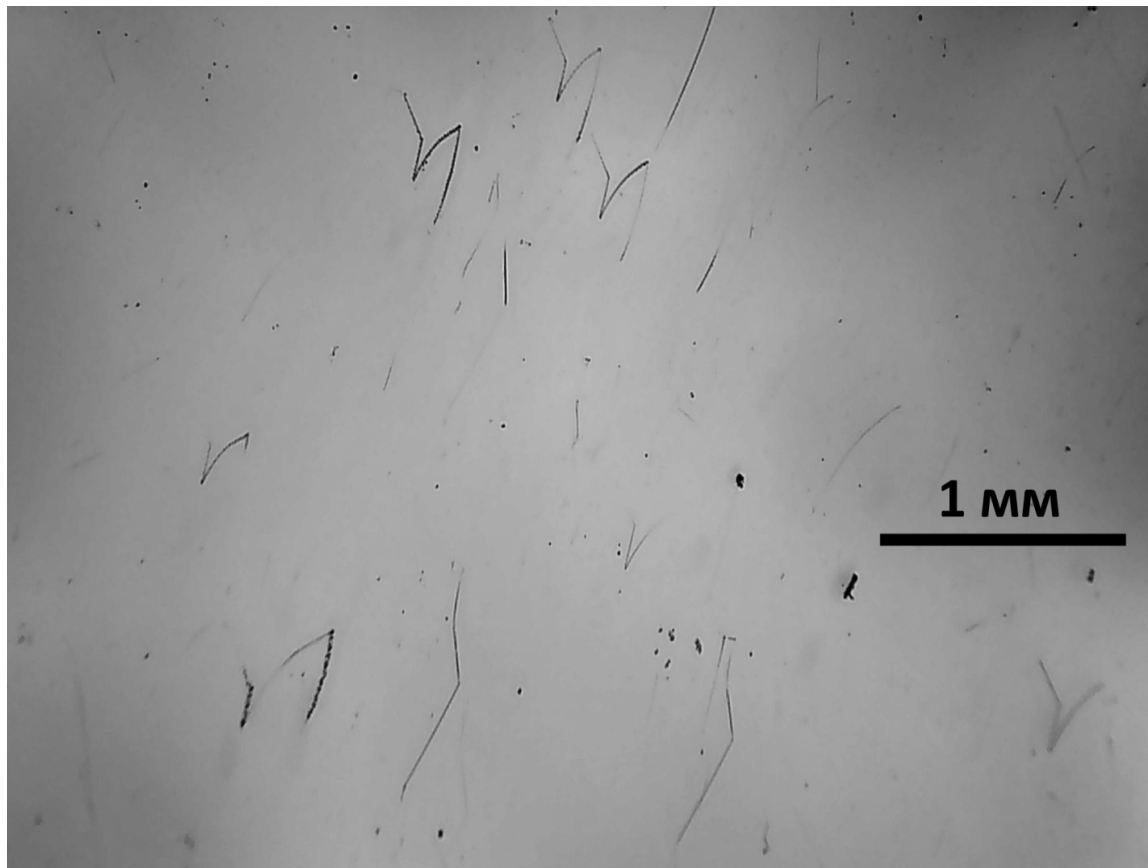


Схема Установки

1- Конденсатор, 2 – Разрядник, 3 – Анод, 4 – Катод, 5 – Кювета, 6 – Детектор, 7 – Экран, 8 – Сетка, 9 – Конверт.

Разряд в жидкости

- С помощью коммутатора напряжение 1.7 кВ батареи конденсаторов ёмкостью 1.2 мкФ на 15 мс прикладывалось к электродам. Анод – стальная игла диаметром 1 мм, острый кончик которой опущен на глубину 2 мм в насыщенный раствор NaHCO_3 . Катод – никелевая пластинка 1 мм×10 мм, опущенная на глубину 2 мм.

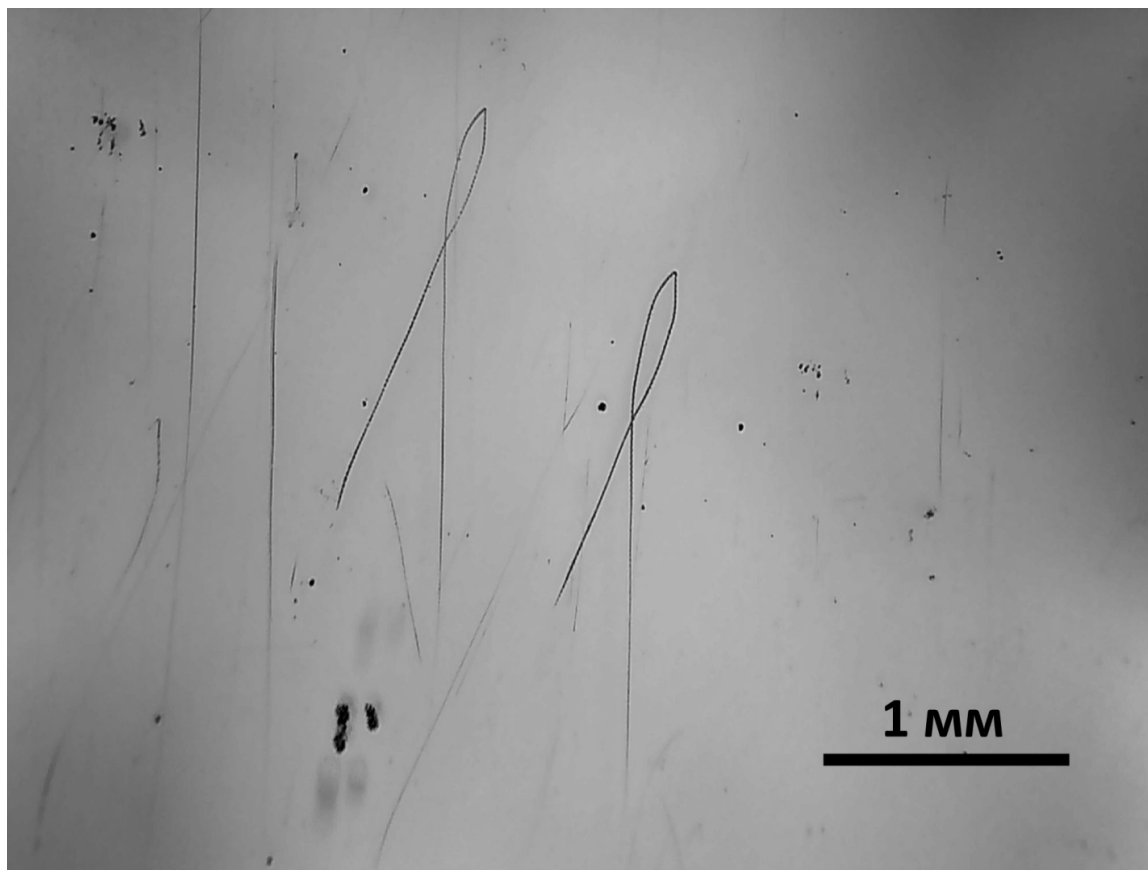


Следы - близнецы

Симметричные следы в форме “галочек”.

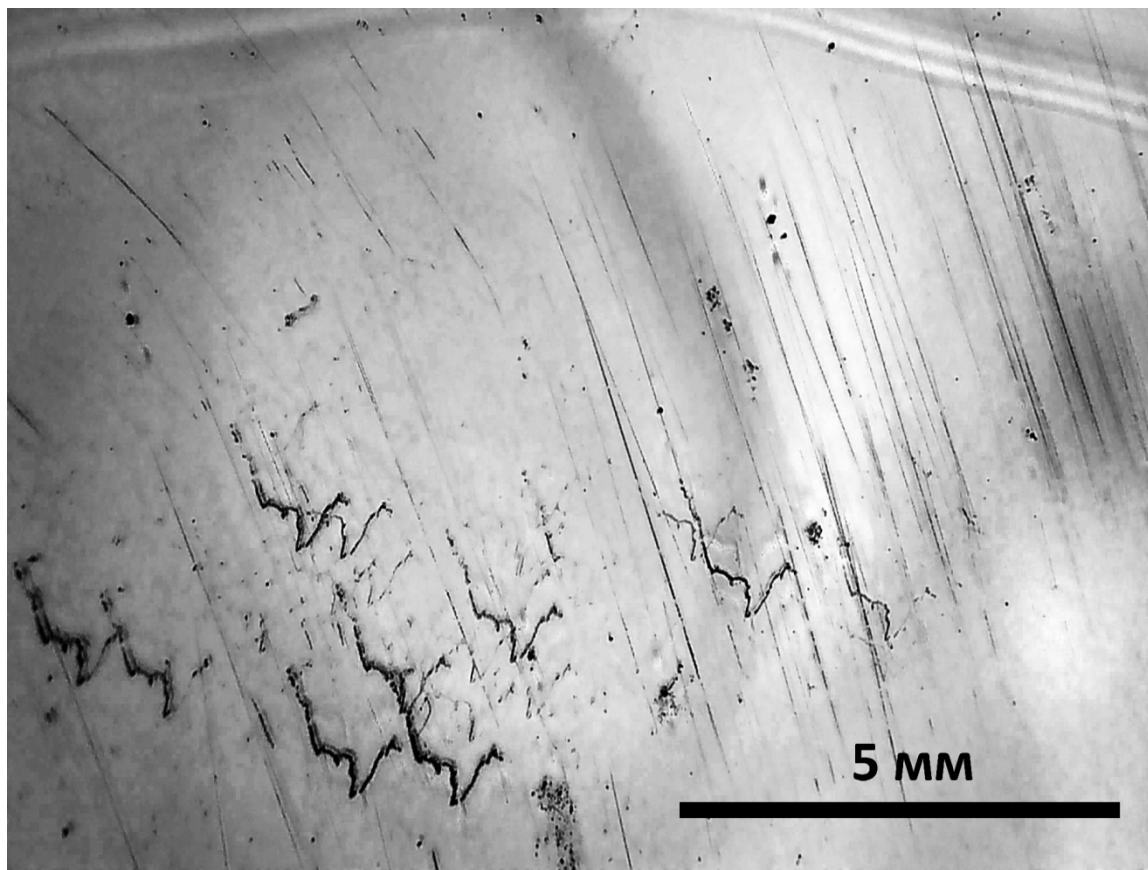
Симметричные следы

- На детекторе появилось много следов (“треков”) одинаковой формы (“галочек”). Размер соседних “галочек” вверху одинаков, однако “галочка” внизу - больше. Это можно объяснить тем, что напряжённость осциллирующего электрического поля в нижней части кадра была больше примерно в два раза.



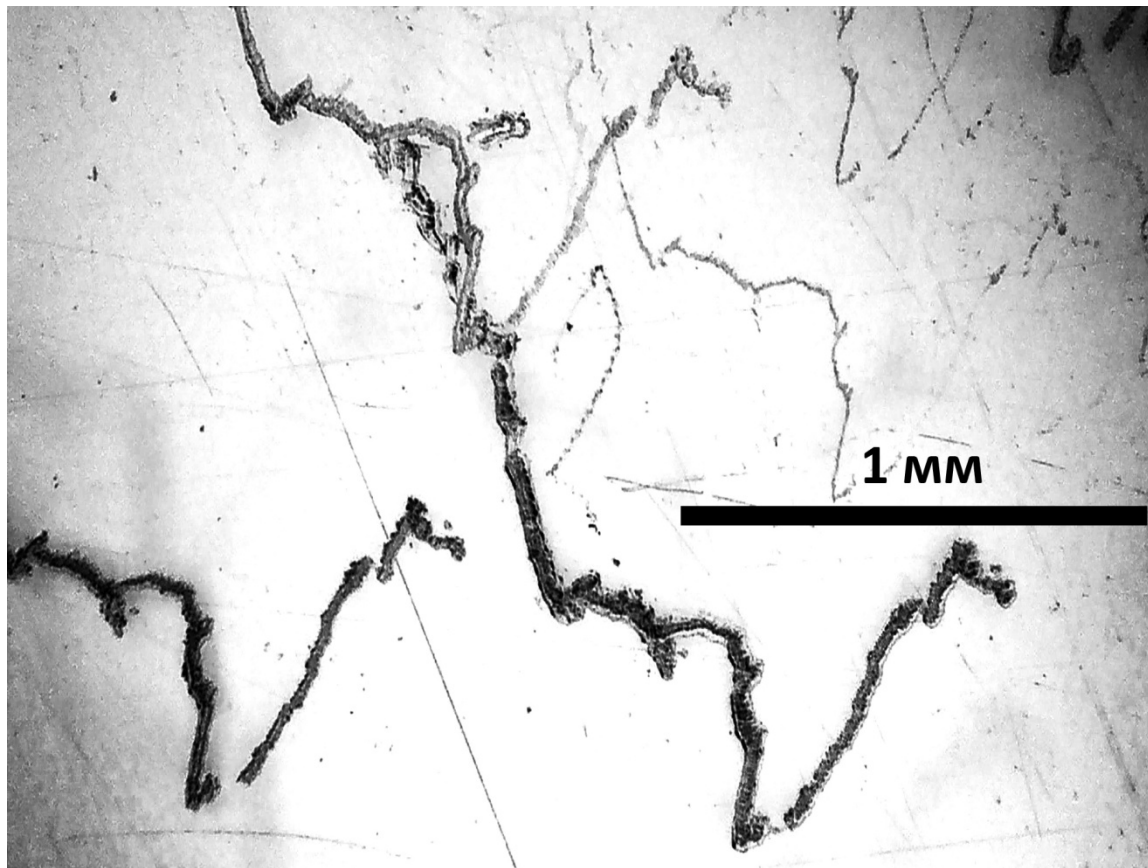
Следы – близнецы.

Две петли одинаковой формы.



Следы - близнецы

Наряду с прямыми треками видно 11 одинаковых треков сложной формы.

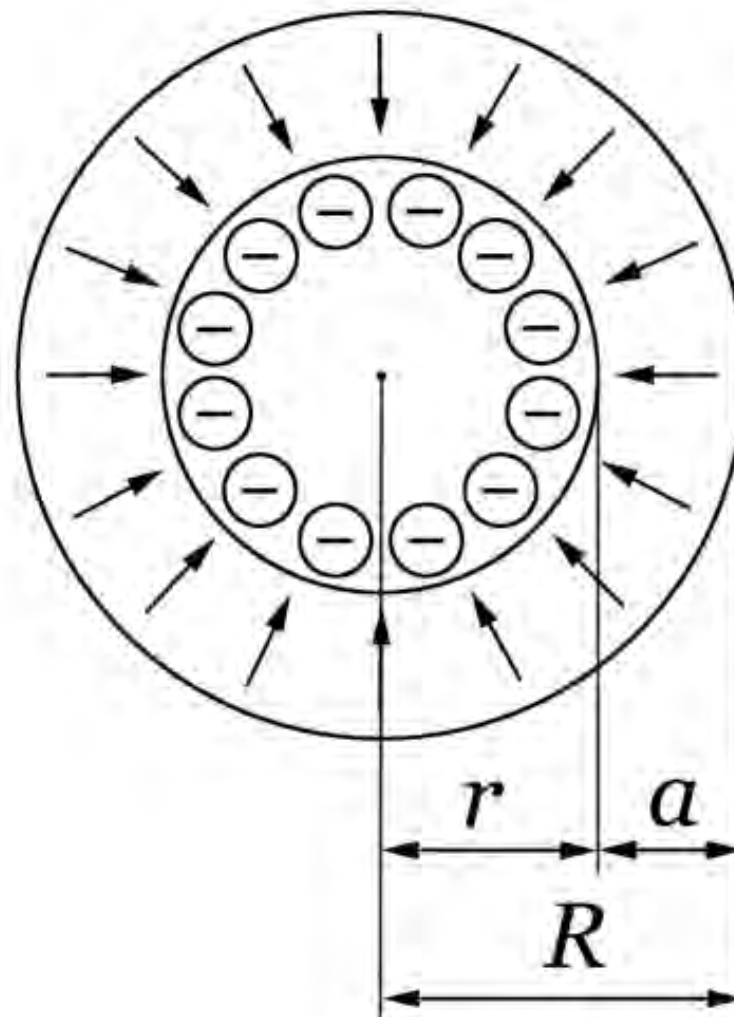


Следы - близнецы

Увеличенная часть предыдущего рисунка. Треки повторяют мелкие детали друг друга.

Вывод:

- Следы образовались одновременно.
- Частицы двигались синхронно под действием изменяющегося электрического поля.
- Значение напряжённости электрического поля было одинаковым на площади около 1 см^2 .
- Следы разной интенсивности имеют одинаковую форму.



Многозарядный водный кластер

Анализ результатов

- Предположим, что следы оставили заряженные кластеры. Найдём связь между зарядом Q и радиусом R кластера.
- На поверхности полости радиусом r находится $n = Q/1.6 \cdot 10^{-19}$ ионов (шариков диаметром $4 \cdot 10^{-10}$ м). Находим $r^2 = 0.0796 \cdot Q$ ($r = 0.2822 \cdot Q^{1/2}$). Ионы растягивают сферу с силой $F_Q = Q^2/8\pi\epsilon_0 r^2 = 5.645 \cdot 10^{10} Q$ Н.

Анализ результатов

- Слой из n молекул воды на сфере радиусом r сжимает её с силой $F_w = p_w n \text{ grad } (Q/4\pi\epsilon_0 r^2) = 31.444 Q^{1/2} \text{ Н}$. Сила F_Q больше силы F_w в $N = 1.796 \cdot 10^9 Q^{1/2}$ раз. Толщина N слоёв воды $a = 4 \cdot 10^{-10} \cdot N = 0.7184 \cdot Q^{1/2} \text{ м}$. Радиус многозарядного кластера $R = r + a = (0.2822 + 0.7184) Q^{1/2} = 1.0006 \cdot Q^{1/2}$ ($R^2 = 1.0012 \cdot Q$). Можно считать, что $Q/R^2 = 1$.

Движение заряженных кластеров в воздухе

- На кластер, движущийся в воздухе, действуют две силы. Первая сила $F_Q = QE$ – сила действия на заряд Q электрического поля E . Противоположно этой силе действует сила трения о воздух
- $F_f = (\pi C_D \rho_a R^2 v^2)/2$
- Здесь $\rho_a = 1.295 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха, C_D – коэффициент трения, R – радиус кластера. При равенстве сил F_Q и F_f кластер движется с постоянной скоростью v
- $v = (2QE/\pi C_D \rho_a R^2)^{1/2} = K \cdot (Q/R^2)^{1/2}$.

Движение заряженных кластеров в воздухе

- Если считать, что коэффициент C_D одинаков для группы кластеров разного радиуса, мы приходим к выводу, что кластеры с одинаковым параметром $A = Q/R^2$ в электрическом поле E должны двигаться с одинаковой скоростью. Это может объяснить появление следов одинаковой формы.

Энергия кластера

- Кластер является сферическим конденсатором с радиусом внутреннего электрода $r = 0.2822 \cdot Q^{1/2}$ м. Его ёмкость $C_{cl} = 4\pi\epsilon_0 r = 3.1387 \cdot 10^{-11} Q^{1/2}$. Энергия электрического поля такого конденсатора $W_e = Q^2 / 2 C_{cl} = 1.593 \cdot 10^{10} Q^{3/2}$. При $Q = 10^{-8}$ Кл $W_e = 1.593 \cdot 10^{-2}$ Дж = 10^{17} эВ. Ион с зарядом $q = 1.6 \cdot 10^{-19}$ Кл, ускорившийся в электрическом поле кластера, приобретает энергию $W_q = Qq / 4\pi\epsilon_0 R = Q^{1/2} q / 4\pi\epsilon_0 = 1.44 \cdot 10^{-13}$ Дж = $0.9 \cdot 10^6$ эВ.

Выводы

- Можно считать, что наша гипотеза о существовании нового вида аэрозольных частиц – многозарядных водных кластеров – получила количественное подтверждение.
- Эти кластеры образуются в зоне концентрации ионов одного знака вблизи электрода при электрическом разряде в электролите.
- Время жизни таких кластеров – не менее 10^{-2} с.
- Во внешнем электрическом поле кластеры разного размера движутся с одинаковой скоростью.

Заключение

- Мы постоянно живём в мире заряженных частиц, появляющихся при прохождении электрического тока через жидкость — в мире многозарядных кластеров. Эти частицы, как микробы и вирусы, существуют вопреки нашему желанию и с их присутствием надо как-то считаться. Многозарядные кластеры опасны для здоровья, но с другой стороны, они могут найти применение в изучении свойств различных материалов.

- 1. Nikitin, A.I., Nikitin, V.A., Velichko, A.M., Nikitina, T.F., 2021a. Tracks on films and multi-charged clusters. RENSIT: Radioelectronics, Nanosystems, Information technologies, 13 (3), 355-356. DOI: 10.17725/rensit.2021.13.355.
- 2. Nikitin, A.I., Nikitin, V.A., Velichko, A.M., Nikitina, T.F., 2021b. “Strange” particles and micro-sized ball lightning in some electric discharges. Journ. Atm. Solar-Terr. Phys. 218.105525. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2020.105525>.
- 3. Nikitin, A.I., Nikitin, V.A., Velichko, A.M., Nikitina, T.F., 2022. Strange traces of a “strange” radiation. RENSIT: Radioelectronics, Nanosystems, Information technologies, 14 (3), 249-268. DOI: 10.17725/rensit.2022.14.249.
- 4. Nikitin, A.I., Nikitin, V.A., Velichko, A.M., Nikitina, T.F., 2024. The process of superdeep penetration of high-speed metallic particles into a solid body. Crystallography Reports. 69 (2), 682-691. DOI: 10.1134/S1063774524601783.
- 5. Nikitin, A.I., Nikitin, V.A., Velichko, A.M., Nikitina, T.F., 2025. Symmetrical traces of particles formed during electrical discharges in water. Journ. Atm. Solar-Terr. Phys. 274 106599. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2025.106599>.