

будет приводить к росту рН во всем объёме для бездиафрагменных электролизёров и более быстрому росту рН в катодном и падению в анодном пространстве. Кроме того, объём электролизёра и продукты электролиза будут загрязняться гидроксидами двух и трёхвалентного железа, выпадающими в осадок. Использование в качестве анода не чистого, а легированного железа (сталей) приводит к повышению значения потенциала растворения (окисления), однако не исключает возможность его окисления и при использовании таких электродов возможно параллельное протекание окисления Fe и ионов OH⁻.

Поэтому предпочтительнее использование анодов из углерода или графита. Однако, у этих материалов низкая термостойкость, высокая пористость.

Поэтому, наилучшим сочетанием материалов электродов при проведении электролиза на постоянном токе будет – анод, выполненный из угля или графита, по-возможности не содержащий пор, и стальной катод.

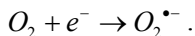
Заяц Е.М., д.т.н., профессор, Янко М.В.
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Республика Беларусь
ДИСМУТАЦИЯ АЭРОИОНОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Понятие «аэроион» объединяет положительно и отрицательно зараженные ионы: O⁺, O₂⁺, N⁺, N₂⁺, CO₂⁺, O⁻, O₂⁻, O₃⁻, O₄⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, HCO₃⁻, CO₄⁻, OH⁻. Образуются они в результате ионизации газов, при этом одна из нейтральных молекул окисляется, теряя электрон и превращаясь в положительный ион, а другая – восстанавливается, присоединяя электрон и приобретая отрицательный заряд.

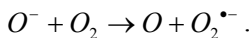
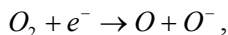
Благотворное действие отрицательно заряженных аэроионов (ОАИ) на организм впервые отметил известный российский ученый А.Л. Чижевский в 30-х годах минувшего столетия, но до сих пор, несмотря на десятилетия исследований, отношение к ОАИ неоднозначно. Сторонники идеи считают их панацеей. Противники же выражают сомнения в их биологической эффективности вообще. А при успешном лечении дыхательных путей аэроионы, тем не менее, в легких не обнаружены до сих пор.

Сомнения о влиянии аэроионов подкрепляются неясностью, как такое малое количество может воздействовать на среду. Искусственная ионизация создает 10^{10} - 10^{12} ионов в м^3 воздуха, в котором содержится около $2,7 \times 10^{25}$ молекул. Или, например, в питательной среде для выращивания дрожжей содержится ортофосфорной кислоты 0,015%, около 1,5 мМ, что соответствует примерно 10^{23} ион/ м^3 , и 10^{12} аэроионов никак не повлияют на суммарный заряд уже имеющихся ионов. Тем не менее, такое влияние есть. Не углубляясь в детали исследований, проведенных к настоящему времени, можно подытожить следующее [1-7].

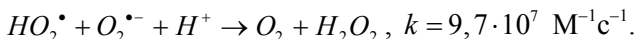
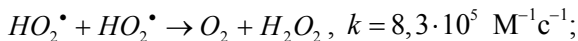
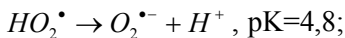
Экспериментально доказано, что биологическая активность и благотворное действие на организм связаны не с электрическим зарядом аэроионов, а с радикальной природой одного единственного иона кислорода – супероксидного анион-радикала кислорода ($O_2^{\bullet-}$) и с образованием при его дисмутации пероксида водорода (H_2O_2) [1]. $O_2^{\bullet-}$ и H_2O_2 относят к группе «активных форм кислорода» (АФК), которые при действии в больших концентрациях повреждают клетки, а в малых – являются сигнальными молекулами, выполняющими ряд регуляторных функций. То есть, биологически активные отрицательно заряженные аэроионы – это гидратированные супероксидные анион-радикалы $(O_2^{\bullet-})(H_2O_2)_m$, которые оказывают свое действие благодаря тому, что представляют собой свободно-радикальные частицы, порождающие все другие формы АФК, а не за счёт того, что несут электрический заряд [2]. Ключевую роль в образовании $O_2^{\bullet-}$ выполняют свободные электроны с энергией около 40 кДж/моль, которые при взаимодействии с кислородом образуют радикал кислорода [2]:



При более высоких энергиях происходит диссоциация кислорода:



Образование $O_2^{\bullet -}$ в биологической или модельной системе сопровождается образованием H_2O_2 в результате реакции дисмутации $O_2^{\bullet -}$ [2]:



Время жизни, химическая активность и, следовательно, расстояние, которое успевают пройти молекулы АФК до взаимодействия с мишенью, зависят от их типа. Вследствие высокой химической активности время жизни $O_2^{\bullet -}$ составляет около 10^{-6} с [2], по этому он практически неуловим. С другой стороны, H_2O_2 является наиболее стабильной формой АФК, время жизни которой в клетке достигает 100 с [7]. Например в питательной среде для выращивания дрожжей отсутствуют специализированные ферменты, разлагающие H_2O_2 , в результате этого время жизни и концентрация окислителя могут значительно превосходить внутриклеточные. Показано [7], что H_2O_2 в концентрациях до 0,4 мМ увеличивает рост дрожжей на 30 %. Увеличение концентрации H_2O_2 более 0,5 мМ вызывает гибель клеток.

По мнению авторов работы [7], H_2O_2 вызывает адапционный ответ клеток, стимулируя синтез более 115 белков в хлебопекарных дрожжах *S. cerevisiae*. H_2O_2 , в результате инициированных адапционных процессов, изменяет химический состав, биофизические характеристики и проницаемость плазматической мембраны *S. cerevisiae*.

Вышеизложенный обзор и наши собственные исследования [8] расширяют представление о механизме влияния ионизированного воздуха на живые объекты макро- и микромира. Показывают глубину и многогранность воздействий аэроионов, дисмутированных в активные формы кислорода, азота и другие, на обширный круг биологических, и не только, процессов, переходящих по мере их изучения, в новое направление использования электрической энергии – электронно-ионные технологии в медицине, биологии, сельском хозяйстве.

Список использованных источников

1. Goldstein, N.I. Negative air ions as a source of superoxide / N.I. Goldstein, R.N. Goldstein, M.N. Merzlyak // International Journal of Biometeorology. – 1992. – Vol. 36. – P. 118–122.

2. Мартинович, Г.Г. Активные формы кислорода в регуляции функций и свойств клеток: явления и механизмы / Г.Г. Мартинович // Минск : БГУ. – 2021. – 239 с.

3. Semchyshyn, H.M. Hormetic concentrations of hydrogen peroxide but not ethanol induce crossadaptation to different stresses in budding yeast / H.M. Semchyshyn // International journal of microbiology. – 2014. – Vol. 2014. – Article ID 485792. – 5 p.

4. Multiple means to the same end: the genetic basis of acquired stress resistance in yeast / Berry D.B., [et al.] // PLoS Genetics. – 2011. – Vol. 7, № 11. – e1002353. – 11 p.

5. Lushchak, V.I. Adaptive response to oxidative stress: bacteria, fungi, plants and animals / V.I. Lushchak // Comparative Biochemistry and Physiology C. – 2011. – Vol. 153, № 2. – P. 175–190.

6. Demirovic, D. Establishing cellular stress response profiles as biomarkers of homeodynamics, health and hormesis / D. Demirovic, S. I. S. Rattan // Experimental Gerontology. – 2012. – Vol. 48, № 1. – P. 94–98.

7. Acetate but not propionate induces oxidative stress in baker's yeast *Saccharomyces cerevisiae* / H. Semchyshyn, [et al.] // Redox Report. – 2011. – Vol. 16, № 1. – P. 15–23.

8 Заяц, Е.М. Влияние отрицательно заряженных аэроионов на среду выращивания *Saccharomyces cerevisiae* / М.В. Янко, Е.М. Заяц // Вестник Фонда фундаментальных исследований. – 2022. – № 3 – С. 62–68.

**Кардашов П.В., к.т.н., доцент, Корко В.С., к.т.н., доцент,
Дубодел И.Б., к.т.н., доцент; Мрыхин Ф.И., аспирант
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», Минск, Республика Беларусь**
**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ**

Экспериментальный образец электрохимической установки УЭХ-60 для приготовления консерванта разработан совместно с