ИМПУЛЬСНОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА АКТИВНОСТЬ БАКТЕРИЙ В СИНТЕТИЧЕСКОЙ СТОЧНОЙ ВОДЕ

Тонких Анатолий Константинович
ст. науч. сотр., канд. биол. наук,
Институт микробиологии АН РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: anatoliytonkikh@mail.ru

Верушкина Ольга Антоновна
ст. науч. сотр., канд. биол. наук,
Институт микробиологии АН РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: olga.verushkina@bk.ru

Баймурзаев Еркин Нукусбаевич
базовый докторант
Институт микробиологии АН РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Ахмедова Захро Рахматовна
д-р биол. наук, проф.,
Институт микробиологии АН РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: akhmedovazr@mail.ru

PULSE ELECTROMAGNETIC FIELD AND ITS IMPACT ON THE ACTIVITY OF BACTERIA IN SYNTHETIC WASTEWATER

Anatoly Tonkih
Art. scientific collaborator, Ph.D. biol. Sciences,
Institute of Microbiology
of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Uzbekistan, Tashkent

Olga Verushkina
Art. scientific collaborator, Ph.D. biol. Sciences,
Institute of Microbiology
of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Uzbekistan, Tashkent

Erkin Baimurzaev
basic doctoral student
Institute of Microbiology
of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Uzbekistan, Tashkent

Zakhro Akhmedova
Doctor of biol. sciences, prof.,
Institute of Microbiology
of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Uzbekistan, Tashkent

Библиографическое описание: ИМПУЛЬСНОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА АКТИВНОСТЬ БАКТЕРИЙ В СИНТЕТИЧЕСКОЙ СТОЧНОЙ ВОДЕ // Universum: химия и биология : электрон. научн. журн. Тонких А.К. [и др.]. 2024. 10(124). URL: *https://7universum.com/ru/nature/archive/item/18316*

АННОТАЦИЯ

В работе изучено действие импульсного электромагнитного поля (ИЭМП) с частотой следования импульсов 16 Гц, частотой заполнения импульса около 100 кГц и магнитной индукцией не более 500 нТл на процессы разложения глюкозы, нитрификации и денитрификации в синтетической сточной воде и на максимальное растворение кислорода в этой воде. Показано, что данное ИЭМП ускоряет процесс аэробного разложения глюкозы приблизительно на 20%, что говорит о более высокой активности аммонификаторов. Также это ИЭМП на 25-30% ускоряет процесс аэробной нитрификации и приблизительно на 20% процесс анаэробной денитрификации. Кроме того показано, что данное ИЭМП увеличивает максимальную растворимость кислорода в водопроводной и синтетической сточной воде.

ABSTRACT

The work studied the effect of a pulsed electromagnetic field (PEMF) with a pulse repetition frequency of 16 Hz, a pulse filling frequency of about 100 kHz and a magnetic induction of no more than 500 nT on the processes of glucose decomposition, nitrification and denitrification in synthetic wastewater and on the maximum dissolution of oxygen in this water. It has been shown that this PEMF accelerates the process of aerobic decomposition of glucose by approximately 20%, which indicates a higher activity of ammonifiers. Also, this PEMF accelerates the process of aerobic nitrification by 25-30% and the process of anaerobic denitrification by approximately 20%. In addition, this PEMF has been shown to increase the maximum solubility of oxygen in tap and synthetic wastewater.

Ключевые слова. аммонификация, нитрификация, денитрификация, импульсное электромагнитное поле, синтетическая сточная вода.

Keywords: ammonification, nitrification, denitrification, pulsed electromagnetic field, synthetic wastewater.

Введение. В литературе имеются данные о стимулирующем действии электромагнитных полей (ЭМП) на различные микроорганизмы активного ила [1, 2].

Больше всего сообщений о действии на микроорганизмы активного ила статических магнитных полей (СМП). Например, в работе [3] было показано, что ускорение (на 44%) реакции окисления субстрата глюкозы в синтетической сточной воде наблюдали при СМП 17,8 мТл. Было также показано, что СМП 5 мТл повышает активность аэробных аммоний окисляющих бактерий за счет увеличения скорости поступления свободного аммиака внутрь микробных клеток [2]. В работе [4] было показано, что при концентрации аммонийного азота 50 мг/л в контроле при отсутствии магнитного поля, полное удаление азота происходило за 10 часов, а в присутствии СМП 50 мТл за 7 часов, то есть на 30% быстрее. В другой работе [5] показали, что при обработке СМП 88,0 мТл смеси сточной воды с активным илом через 8 часов концентрация ХПК была на 19% меньше, чем в контроле, концентрация аммонийного азота (NH_4-N) на 6% меньше, концентрация нитритов (NO_2) на 44% меньше, фосфатов (PO_4^3) на 35% меньше относительно контроля, и в целом, осаждаемость ила была выше, чем в контроле.

Имеется работа, в которой показано, что метаболизм, рост и размножение микроорганизмов в активном иле значительно усиливаются после воздействия ЭМП частотой 50 Гц и напряженностью 4-6 В/м [6].

К сожалению статические ЭМП и синусоидальные низкочастотные ЭМП 50 Гц, дальше 10–15 см от индуктора не распространяются, поэтому вызывает интерес работа, в которой было показано, что аэробная очистка смеси сточной воды и активного ила в присутствии непрерывного импульсного электромагнитного поля (ИЭМП) с частотой 16 Гц и магнитной индукцией не более 0,5 мкТ ускоряет процесс аммонификации на 25%, нитрификации и денитрификации на 15%, ускоряет снижение ХПК приблизительно на 20%, увеличивает массу активного ила и скорость его осаждения. Так как эти ИЭМП могут распространяться в воде от антенны на несколько метров, авторы предполагают, что с помощью этих ИЭМП можно легко ускорять очистку сточных вод в аэротенках объёмом несколько сотен кубических метров [7].

Однако остаётся неясным вопрос о том, каков механизм этого действия и как действуют эти ИЭМП на различные группы микроорганизмов активного ила. Для изучения механизма действия ИЭМП на различные группы микроорганизмов может быть использована синтетическая сточная вода, в которой в качестве субстрата для аммонификаторов используется глюкоза и дрожжевой экстракт, для нитрификаторов - $(NH_4)_2SO_4$, для денитрификаторов - KNO_3.

Кроме того, в литературе имеются противоречивые данные о влиянии ЭМП на максимальную растворимость кислорода в воде. В одних работах авторы сообщают, что обработка воды ЭМП увеличивает растворимость кислорода в ней [8, 9], в других доказывают, что не влияет [10]. В этих работах авторы использовали статические магниты, а действие ИЭМП на максимальную растворимость кислорода в воде не изучалось. Выяснение этого вопроса важно, так как увеличение растворимости кислорода в воде в присутствии ИЭМП может частично объяснить механизм ускорения очистки сточных вод в присутствии ИЭМП.

Целью настоящей работы явилось изучение действия ИЭМП на разные группы микроорганизмов и растворимость кислорода в воде в экспериментах с синтетической сточной водой.

Материалы и методы. Из списка самых распространённых синтетических сточных вод [11] были выбраны две самые простые. Одна на основе глюкозы (Глюкоза - 800 мг/л, NH_4Cl -76 мг/л, KH_2PO_4 – 22 мг/л [12]), чтобы можно было с помощью

простого анализатора глюкозы (YSI Model 27, Огайо, США) наблюдать за активностью аммонифицирующих бактерий, разлагающих глюкозу, как это описано в работе [3]. В другой (Уксусная кислота – 330 мг/л, NH_4Cl – 100 мг/л, K_2HPO_4 – 250 мг/л, KH_2PO_4 – 50 мг/л [13]), измеряя концентрацию ионов аммония и нитратов с помощью ион селективных электродов Intellical ISENH4 181AP и Intellical ISENO3 181AP Компании Hach (Великобритания) с помощью pH-метра F20-Standard Компании Mettler-Toledo GmbH. [14] можно наблюдать за активностью нитрифицирующих и денитрофицирующих бактерий.

Активный ил, полученный из одной из станций аэрации г. Ташкента (Узбекистан) адаптировали к синтетической среде, инкубированием его в этой среде на шейкере при температуре 30 °C в течение 24 часов.

Эксперимент проводился в двух реакторах объемом 3,0 л, в которых аэрация и перемешивание осуществляли с помощью аквариумного компрессора с распылителем. Реакторы располагались на расстоянии 4 м друг от друга в одном помещении, в котором с помощью кондиционера поддерживалась одна температура (около 24°C).

В работе использовали генератор электромагнитных импульсов, производимый компанией Inter Trade Praha spol. s.r.o. (Чехия). Антенный провод длиной 1 м от генератора был намотан вокруг одного из реакторов. Антенна излучала импульсы с частотой следования 16 Гц, с частотой заполнения около 100 кГц и магнитной индукцией не более 500 нТл (контролировали с помощью милигауссметра UHS-2 Компании “AlphaLab Inc” (США), цифрового осциллографа Siglent SHS 810, (Китай) или переносного радиоприёмника на длинных волнах). Осциллограмма импульса представлена в работе [7]. В контрольном реакторе электромагнитные импульсы не наблюдали.

Измерения концентрации растворённого кислорода проводили с помощью оксиметра с полярографическим электродом Кларка модели JPB-70A (Китай). Для измерения в стакан объёмом 500 мл наливали воду и погружали в него распылитель воздуха с трубкой от аквариумного насоса и оксиметр. Вокруг стакана располагали антенну генератора. Когда показатель оксиметра стабилизируется, записывали его. Далее включали насос и записывали стабилизированное показание оксиметра при насыщении воды воздухом. Далее включали генератор и записывали стабилизированное показание оксиметра при насыщении воды воздухом и действии ИЭМП.

Результаты и обсуждение. Концентрация растворённого кислорода в воде зависит от многих факторов: температуры, давления, загрязнения воды минеральными солями, органическими соединениями, потребляющими кислород микроорганизмами и выделяющими кислород фотосинтезирующими микроорганизмами.

В таблице представлены результаты измерения максимальной растворимости кислорода в различных водах при температуре 21°C при различной обработке воды.

Как видно из таблицы обработка воды из различных источников импульсным электромагнитным полем с частотой 16 Гц увеличивает максимальную растворимость кислорода в воде.

Таблица 1.

Измерения максимальной растворимости кислорода в различных водах при различной обработке воды

Источник воды	Без продувания воздуха	При продувании воздуха.	При продувании воздуха и ИЭМП
Дистиллированная вода	6,7 мг/л	8,8 мг/л (100%)	9,2 мг/л (104%)
Водопроводная вода	4,3 мг/л	6,6 мг/л (100%)	8,0 мг/л (121%)
Синтетическая сточная вода с глюкозой и активным илом	2,4 мг/л	5,8 мг/л (100%)	7,3 мг/л (126%)
Синтетическая сточная вода с NH_4Cl и активным илом	1,0 мг/л	5,3 мг/л (100%)	7,0 мг/л (132%)

Из рисунка 1 видно, что концентрация глюкозы в синтетической сточной воде с активным илом в присутствии ИЭМП уменьшается приблизительно на 20% быстрее, что говорит о более высокой активности аммонификаторов.

Из рисунка 2 видно, что концентрация ионов аммония (NH_4) в синтетической сточной воде с активным илом в присутствии ИЭМП уменьшается приблизительно на 25% быстрее, что говорит о более высокой активности нитрификаторов.

Из рисунка 3 видно, что концентрация нитратов в синтетической сточной воде с активным илом в присутствии ИЭМП увеличивается приблизительно на 30% быстрее, что говорит о более высокой активности нитрификаторов.

Из рисунка 4 видно, что денитрификация происходит почти в 2 раза быстрее, чем аммонификация и нитрификация, и ИЭМП также на 20% ускоряет этот процесс.

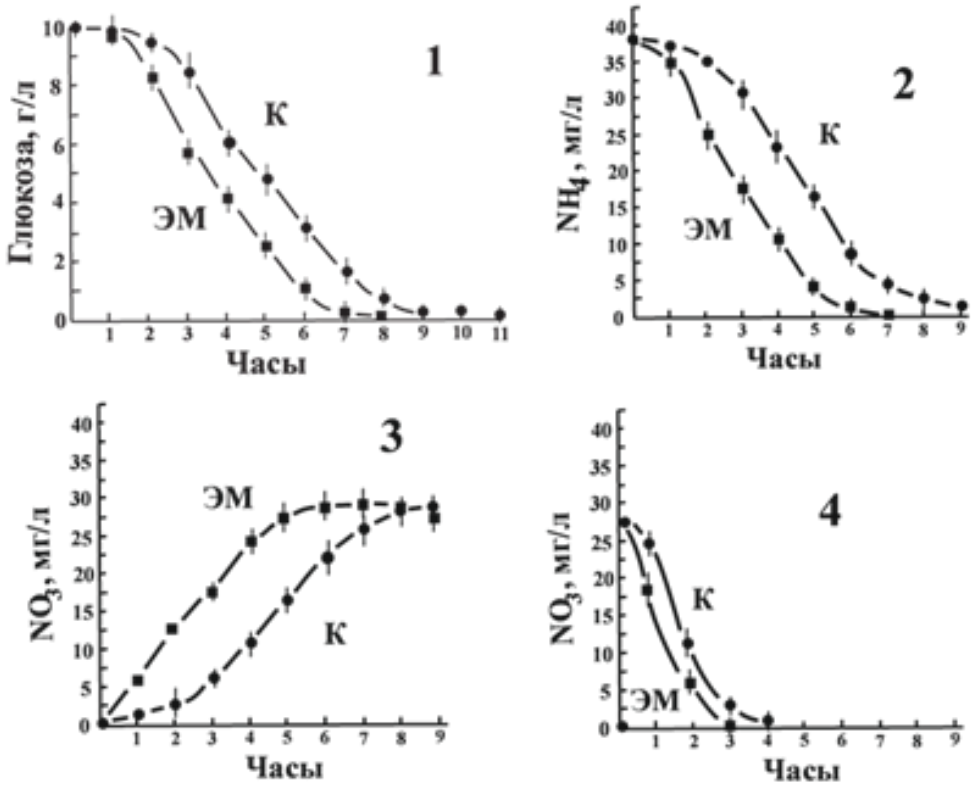

Рисунок 1–4. Действие импульсного электромагнитного поля (ЭМ) на активность аммонифицирующих, нитрофицирующих и денитрофицирующих бактерий в синтетической сточной воде в присутствии активного ила

На рисунках 1, 2 и 3 проводили продувание среды воздухом. На рисунке 4 воздух не продували.

Представлены результаты одного типичного эксперимента серии из 4-х экспериментов

Если аммонификация и нитрификация зависят от концентрации кислорода в среде и ускорение этих процессов можно частично объяснить увеличением растворимости кислорода в воде в присутствии ИЭМП, то денитрификация – это анаэробный процесс и увеличение активности денитрификаторов можно объяснить непосредственным действием ИЭМП на активность этих микроорганизмов.

Выводы. В экспериментах с синтетической сточной водой показано, что импульсное электромагнитное поле (ИЭМП) с частотой следования импульсов 16 Гц, частотой заполнения импульса около 100 кГц и магнитной индукцией не более 500 нТл ускоряет процесс аэробного разложения глюкозы приблизительно на 20%, ускоряет процесс аэробной нитрификации на 25-30% и процесс анаэробной денитрификации приблизительно на 20%. Кроме того показано, что данное ИЭМП увеличивает максимальную растворимость кислорода в водопроводной и синтетической сточной воде.

Список литературы:

1. Beretta G., Mastorgio A.F., Pedrali L., Saponaro S., Sezenna E. The effects of electric, magnetic and electromagnetic fields on microorganisms in the perspective of bioremediation// Rev Environ Sci Biotechnol. 2019. V. 18. P. 29–75.
2. Wang, Y.L., Gu, X., Quan, J.N., Xing, G.H., Yang, L.W., Zhao, C.L., Wu, P., Zhao, F., Hu, B., Hu, Y.S. Application of magnetic fields to wastewater treatment and its mechanisms: A review. Sci. Total Environ. 2021. 773, 145476.
3. Yavuz H.C., Çelebi S.S. Effects of magnetic field on activity of activated sludge in wastewater treatment. Enzyme Microb Technol. 2000. V. 26 (1). P. 22–27.
4. Zhu Y-M, Ji H., Ren H., Geng J., Xu K. Enhancement of static magnetic field on nitrogen removal at different ammonium concentrations in a sequencing batch reactor: Performance and biological mechanism// Chemosphere. 2021. V. 268. 128794
5. Zaidi N.S., Sohaili J., Muda Kh., Sillanpaa M., Hussein N. Effect of magnetic field on biomass properties and their role in biodegradation under condition of low dissolved oxygen// Applied Water Science. 2021. V.11:114. https://doi.org/10.1007/s13201-021-01439-9
6. Bartha C., Jipa M., Caramitu A-R., Voina A., Tokos A., Circiumaru G., Micu D-D., Lingvay I. Behavior of Microorganisms from Wastewater Treatments in Extremely Low-Frequency Electric Field//Biointerface Research in Applied Chemistry. Platinum Open Access Journal (ISSN: 2069-5837) 2022. V. 12, Issue 4, P. 5071-5080. https://doi.org/10.33263/BRIAC124.50715080

7. Tonkikh A.K., Verushkina O.A., Akhmedova Z.R., Nadjimov U.K., Mazal V. The Effects of Low-frequency Pulsed Electromagnetic Fields on the Cleaning of Household Wastewater// Ecology and Industry of Russia, 2023. Vol. 27. Iss. 8. P. 27–31. https://doi.org/10.18412/1816-0395-2023-8-27-31
8. Hirota N., Ikezoe Y., Uetake H., Nakagawa J., Kitazawa K. Magnetic Field Effect on the Kinetics of Oxygen Dissolution into Water.// Materials Transactions, JIM, 2000. V.41, No. 8 pp. 976-980.
9. Hassan S.M., Rahman R.A. Effects of exposure to magnetic field on water properties and hatchability of Artemia salina. // ARPN Journal of Agricultural & Biological Sciences. 2016. V. 11. No. 11. P. 416-423.
10. Shcherbakov I.A., Baimler I.V., Gudkov S.V., Lyakhov G.A., Mikhailova G.N., Pustovoy V.I., Sarimov R.M., Simakin A.V., Troitsky A.V. Influence of a constant magnetic field on some properties of water solutions. // Doklady Rossiyskoy Akademii Nauk. Fizika, tekhnicheskie nauki. 2020. V. 493. P.34-37.
11. O'Flaherty, E., Gray, N.F. A comparative analysis of the characteristics of a range of real and synthetic wastewaters//Environ. Sci. Pollut. Res. 2013. V.20, P. 8813–8830. https://doi.org/10.1007/s11356-013-1863-y
12. Tsang Y.F., Sin S.N., Chua H. Nocardia foaming control in activated sludge process treating domestic wastewater.//Bioresour. Technol. 2008. V.99. No.9. P.3381-3388. doi:10.1016/j.biortech.2007.08.012
13. Stasinakis A.S., Thomaidis N.S., Mamais D., Papanikolaou E.C., Tsakon A., Lekkas T.D. Effects of chromium (VI) addition on the activated sludge process.//Water Res. 2003. V.37. No. 9. P.:2140-2148. doi:10. 1016/s0043-1354(02)00623-1
14. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23RD Edition. Ed.L.L.Bridgewater. APHA and AWWA and WEF DC, Washington, DC. 2017. No. 5220, No 2540D, No 2710C, No 2710D, No 4500-NH3 D, No 4500-NO3 D. www.standardmethods.org.