

РЕЗЮМЕТА НА НАУЧНИТЕ ТРУДОВЕ

на доц. д-р Анатолий Цанков Ангелов

представени за участие в конкурс за професор

по професионално направление 4.4. „Науки за Земята”, научна специалност „Системи и устройства за опазване на околната среда”, обявен от МГУ „Св. Ив. Рилски” в ДВ, бр.1 от 06.01.2026 г.

Хабилитационен труд - научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация (по група показатели В)

П.1. Angelov, A., Bratkova, S., Loukanov, Microbial fuel cell based on electroactive sulfate-reducing biofilm, A., Energy Conversion and Management, 2013, 67, pp. 283–286, (Scopus) Q1, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2012.11.024>

П.1. Ангелов, А., Браткова, С., Луканов, А., Микробна горивна клетка, базирана на електроактивен сулфат-редуциращ биофилм, Energy Conversion and Management, 2013, 67, стр. 283–286, (Scopus) Q1, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2012.11.024>

ABSTRACT

A two chambered laboratory scale microbial fuel cell (MFC) has been developed, based on natural sulfatereducing bacterium consortium in electroactive biofilm on zeolite. The MFC utilizes potassium ferricyanide in the cathode chamber as an electron acceptor that derives electrons from the obtained in anode chamber H₂S. The molecular oxygen is finally used as a terminal electron acceptor at cathode compartment. The generated power density was 0.68 W m⁻² with current density of 3.2 A m⁻² at 150 Ω electrode resistivity. The hydrogen sulfide itself is produced by microbial dissimilative sulfate reduction process by utilizing various organic substrates. Finally, elemental sulfur was identified as the predominant final oxidation product in the anode chamber. It was removed from MFC through medium circulation and gathering in an external tank. This report reveals dependence relationship between the progress of general electrochemical parameters and bacterial sulfate-reduction rate. The presented MFC design can be used for simultaneous sulfate purification of mining drainage wastewater and generation of renewable electricity.

РЕЗЮМЕ

Разработена е двукамерна микробна горивна клетка (MFC) в лабораторен мащаб, базирана на естествен консорциум от сулфат-редуциращи бактерии, формиращ електроактивен биофилм върху зеолит. В катодната камера на MFC като акцептор на електрони се използва калиев ферицианид, който приема електрони, получени от образування в анодната камера H₂S. В крайния етап молекулният кислород се използва като терминален акцептор на електрони в катодното отделение. Получената плътност на мощността е 0,68 W m⁻² при плътност на тока 3,2 A m⁻² и електродно съпротивление 150 Ω. Сероводородът се

образува в резултат на микробен дисимилативен процес на сулфат-редукция при използване на различни органични субстрати. Като преобладаващ краен продукт на окислението в анодната камера е идентифицирана елементарна сяра. Тя се отстранява от MFC чрез циркулация на средата и събиране във външен резервоар. Настоящото изследване разкрива зависимост между развитието на общите електрохимични параметри и скоростта на бактериалната сулфат-редукция. Представеният дизайн на MFC може да се използва за едновременно почистване на сулфати от миннодренажни отпадъчни води и производство на възобновяема електроенергия.

П.2. Bratkova S., Alexieva Z., Angelov A., Nikolova K., Genova P., Ivanov R., Gerginova M., Peneva N., Beschkov V., *Efficiency of microbial fuel cells based on the sulfate reduction by lactate and glucose*, International Journal of Environmental Science and Technology, Vol. 16(10), pp. 6145-6156, 2019, Electronic ISSN: 1735-2630, Print ISSN: 1735-1472. (Scopus, Q2)

П.2. Браткова С., Алексиева З., Ангелов А., Николова К., Генова П., Иванов Р., Гергинова М., Пенева Н., Бешков В., *Ефективност на микробни горивни клетки, базирани на сулфат-редукция с лактат и глюкоза*, Списание: International Journal of Environmental Science and Technology, Том 16(10), стр. 6145-6156, 2019, Electronic ISSN: 1735-2630, Print ISSN: 1735-1472. (Scopus, Q2)

ABSTRACT

The influence of lactate and glucose, used as electron donors on the rate of sulfate reduction, electricity generation and microbial communities in anodic chamber of microbial fuel cells, was studied. Effective sulfate and chemical oxygen demand removal was achieved at different hydraulic retention times by the laboratory installations, consisting of anaerobic fixed-bed reactor and microbial fuel cell with air-cathode. The highest maximum power density of 349 mW/m² was obtained in the lactate-fed microbial fuel cell under hydraulic retention time of 66 h. The type of electron donor had a great impact on the composition of the microbial community. The metagenomic data obtained showed that the most abundant phylum in both bacterial communities was Proteobacteria—67% and 46% when using lactate and glucose as an electron donor, respectively. Euryarchaeota was found in significant quantities (11.57%) in the microbial communities cultivated on lactate, whereas when using glucose, they were 0.01%. The bacterial community at glucose was characterized with the phyla belonging to Verrucomicrobia (15.11%) and Spirochaetes (17.26%). In both microbial communities in anodic chamber were presented sulfate-reducing bacteria that can incompletely oxidize the organic compound usually with acetate as an end product, as the dominant microbial species among sulfate-reducing bacteria was Desulfomicrobium baculatum (3.21%) in the microbial fuel cell at lactate, and Desulfovibrio mexicanus dominated (2.73%) in the microbial fuel cell at glucose.

РЕЗЮМЕ

Изследвано е влиянието на лактат и глюкоза, използвани като донор на електрони върху скоростта на микробната сулфат-редукция, генерирането на електроенергия и микробните съобщества в анодната камера на микробни горивни клетки. Ефективно отстраняване на сулфати и ХПК е постигнато при различно контактно време в лабораторни инсталации, състоящи се от анаеробен реактор с носител и микробна горивна клетка с въздушен катод. Най-висока плътност на мощността - 349 mW/m² е получена в захранваната с лактат микробна горивна клетка при осигурено контактно време 66 часа. Видът на донора на електрони оказва голямо влияние върху състава на микробните съобщества. Получените метагеномни данни показват, че най-разпространеният тип в двете биоценози е *Proteobacteria* - съответно 67% и 46% при използване на лактат и глюкоза като донор на електрони. *Euryarchaeota* се открива в значителни количества (11.57%) в микробните съобщества, култивирани върху лактат, докато при използване на глюкоза е 0.01%. Микробното съобщество при използване на субстрат глюкоза се характеризира с наличието на тип *Verrucomicrobia* (15.11%) и тип *Spirochaetes*

(17.26%). В микробните съобщества и в двете анодни камери са установени сулфат-редуциращи бактерии, които окисляват органичните съединения непълно до ацетат като краен продукт, като доминиращият микробен вид от сулфат-редуциращите бактерии в микробната горивна клетка с лактат е *Desulfomicrobium baculatum* (3.21%), а в микробната горивна клетка с глюкоза е *Desulfovibrio mexicanus* (2.73%).

П.З Loukanov, A., Angelov, A., Takahashi, Y., Nikolov, I., & Nakabayashi, S. (2019), Carbon nanodots chelated with metal ions as efficient electrocatalysts for enhancing performance of microbial fuel cell based on sulfate reducing bacteria. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects., Vol.574, 2019, Pages 52-61, ISSN 0927-7757, Q1, <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2019.04.067>

П.З. Луканов, А., Ангелов, А., Такахаши, Й., Николов, И., & Накабаяши, С. (2019), Въглеродни наноточки, хелатирани с метални йони, като ефективни електрокатализатори за подобряване работата на микробна горивна клетка, базирана на сулфат-редуциращи бактерии, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, Vol. 574, 2019, стр. 52–61, ISSN 0927-7757, Q1, <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2019.04.067>

ABSTRACT

We report the electrocatalytic activity of a graphite electrode chemically coated with ultra-small nitrogen-doped carbon nanodots (N-doped C-dots), which formed an intermediate diazo-metal chelate phase. Its performance as cathode for enhanced current production was demonstrated in a dual-chamber microbial fuel cell (MFC) through synergistic cooperation with electroactive biofilm of sulfate-reducing bacteria (SRB) on the anode. For that purpose, the immobilized SRB biofilm on the anode facilitated direct transfer of electrons to the graphite surface by filaments network, known as nano-pili, which provided cell-to-cell link. A significantly improved acceleration of the electrons was measured on the cathode in the presence of chemically conjugated N-doped C-dots chelated with metal ions, because they acted as efficient electrocatalysts for oxygen reduction reaction (ORR) in a neutral phosphate buffer solution. As a result, the power density obtained from the occurred synergistic effect in MFC increased almost double higher than the initial value in the control experiment. The chemical resistance, exploitation life and the easy protocol for fabrication of the reported cathode coated with electrocatalytic nanolayer open up the possibility for new class cheap electrocatalytic electrodes with a wide practical applications in fuel cell engineering and technology.

РЕЗЮМЕ

Докладва се електрокаталитичната активност на графитен електрод, химически покрит с ултрамалки азотно-допирани въглеродни наноточки (N-допирани C-dots), които формират междинна диазо-метален хелатен фаза. Неговата ефективност като катод за повишено генериране на ток е демонстрирана в двукамерна микробна горивна клетка (MFC) чрез синергично взаимодействие с електроактивен биофилм от сулфат-редуциращи бактерии (SRB) върху анода.

С тази цел имобилизиращият SRB биофилм върху анода улеснява директния пренос на електрони към графитната повърхност посредством мрежа от филаменти, известни като нанопили, които осигуряват връзка между клетките. В присъствието на химически конюгирани N-допирани C-dots, хелатирани с метални йони, е измерено значително ускоряване на електронния трансфер в катода, тъй като те действат като ефективни електрокатализатори за реакцията на редукция на кислорода (ORR) в неутрален фосфатен буферен разтвор.

В резултат на проявения синергичен ефект в MFC, получената плътност на мощността нараства почти двойно спрямо началната стойност в контролния експеримент. Химическата устойчивост, експлоатационният живот и лесният протокол за изработване на докладвания катод, покрит с електрокаталитичен нанопласт, разкриват възможност за създаване на нов клас

евтини електрокаталитични електроди с широки практически приложения в инженерството и технологиите на горивните клетки.

П.4. Velichkova P., Angelov A., Bratkova S., *Combined anaerobic - aerobic bioelectrochemical system for ammonium, sulfide and carbon removal from ethanol stillage*, Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 2023, Vol. 58(2), pp. 283-290, ISSN 314-7471 (print) ISSN 1314-7978 (on line), (Scopus, Q3).

П.4. Величкова П., Ангелов А., Браткова С., *Комбинирана анаеробно-аеробна биоелектрохимична система за отстраняване на амониев азот, сулфиди и въглерод от спиртна шлемпа*, Списание: Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 2023, Том 58(2), стр. 283-290, ISSN 314-7471 (print) ISSN 1314-7978 (on line), (Scopus, Q3).

ABSTRACT

The organic matter (as an electron donor) could be oxidized at an anode in the bioelectrochemical systems (BESs), to produce electrons and protons with the biocatalysts of electrochemically active microorganisms. Electron acceptors at the cathode could accept them. By combining an anaerobic digestion reactor with BES, the chemical composition of biogas can be improved - the yield of methane can be increased at the expense of carbon dioxide. If an aerobic reactor is included in this combined system, complete decomposition of organic matter, generation of energy (biomethane) and nitrogen removal is achieved.

The efficiency of carbon, sulfide and ammonium ions removal during anaerobic digestion of ethanol stillage in an integrated BES system was studied in 5 modes of operation - without BES, microbial fuel cell (MFC) and microbial electrolysis cell (MEC at 0.6, 0.8 and 1.0 V external voltage). In MEC mode, the gas composition is improved (increased amount of methane to 74 %, vol.), and the content of sulfates and hydrogen sulfide is reduced. At 1.0 V external voltage, 94.1 % removal of organic matter and 90.91 % removal of NH_4^+ are achieved.

РЕЗЮМЕ

Органичната материя (като донор на електрони) може да бъде окислена на анода в биоелектрохимичните системи (БЕС) чрез биокатализа от електрохимично активни микроорганизми и да се произведат електрони и протони. Те могат да се приемат от акцепторите на електрони на катода. Чрез комбиниране на реактор за анаеробно разграждане с БЕС може да се подобри химичният състав на биогаза – добивът на метан се увеличава за сметка на въглероден диоксид. Ако в тази комбинирана система се включи аеробен реактор, се постига пълно разграждане на органичната материя, генериране на енергия (биометан) и отстраняване на азота.

Изследвана е ефективността на отстраняване на въглерод, сулфиди и амониеви йони по време на анаеробно разграждане на спиртна шлемпа в интегрирана БЕС система при 5 режима на работа - без БЕС, микробна горивна клетка (МГК) и микробна електролизна клетка (МЕК при приложено външно напрежение 0,6, 0,8 и 1,0 V). В режим на МЕК се подобрява газовият състав (количеството на метан се увеличава до 74 об.%), а съдържанието на сулфати и сероводород се намалява. При външно напрежение 1,0 V се постига 94,1 % отстраняване на органични вещества и 90,91 % отстраняване на NH_4^+ .

П.5. Angelov A., Bratkova S., Ivanov R., Velichkova P., *Treatment of acid mine drainage in a bioelectrochemical system, based on an anodic microbial sulfate reduction*, Journal of Ecological Engineering, 2023, Vol. 24(7), pp. 175-186, ISSN 2299-8993, (Scopus, Q2).

П.5. Ангелов А., Браткова С., Иванов Р., Величкова П., *Третиране на кисели руднични води в биоелектрохимична система, базирана на анодна микробна сулфат-*

ABSTRACT

The possibilities of simultaneous removal of sulfates and heavy metals (Cu, Ni, Zn) from acid mine drainage have been investigated in two-section bioelectrochemical system (BES). The used BES is based on the microbial sulfate reduction (MSR) process in the anode zone and abiotic reduction processes in the cathodic zone. In the present study, the model acid mine drainage with high sulfate (around 4.5 g/l) and heavy metals (Cu^{2+} , Ni^{2+} and Zn^{2+}) content was performed. As a separator in the laboratory, BES used an anionic exchange membrane (AEM), and for electron donor in the process of microbial sulfate reduction in the bioanode zone – waste ethanol stillage from the distillery industry was employed. In this study, the possibility of sulfates removal from the cathodic zone was established by their forced migration through AEM to the anode zone. Simultaneously, as a result of the MSR process, the sulfate ions passed through AEM are reduced to H_2S in the anode zone. The produced H_2S , having its role as a mediator in electron transfer, is oxidized on the anode surface to S^0 and other forms of sulfur. The applicability of waste ethanol stillage as a cheap and affordable organic substrate for the MSR process has also been established. Heavy metals (Cu^{2+} , Ni^{2+} and Zn^{2+}) occur in the cathode chamber of BES in different degrees of the removal. As a microbial fuel cell (MFC) operating for 120 hours, the reduction rate of Cu^{2+} reaches 94.6% (in waste ethanol stillage) and 98.6% (in the case of Postgate culture medium). On the other hand, in terms of Ni^{2+} and Zn^{2+} , no significant decrease in their concentrations in the liquid phase is found. In the case of microbial electrolysis cell (MEC) mode reduction of Cu^{2+} – 99.9%, Ni^{2+} – 65.9% and Zn^{2+} – 64.0% was achieved. For 96 hours, the removal of sulfates in MEC mode reached 69.9% in comparison with MFC mode – 35.2%.

РЕЗЮМЕ

В двусекционна биоелектрохимична система (БЕС) са изследвани възможностите за едновременно отстраняване на сулфати и тежки метали (Cu, Ni, Zn) от кисели руднични води. Използваната БЕС е на базата на процеса микробна сулфат-редукция (МСР) в анодната зона и процеси на абиотична редукция на метали в катодната зона. В настоящото изследване са използвани моделни кисели руднични води с високо съдържание на сулфати (около 4,5 g/l) и тежки метали (Cu^{2+} , Ni^{2+} и Zn^{2+}). Като сепаратор в лабораторната БЕС е използвана анионообменна мембрана (АЕМ), а за донор на електрони за процеса микробна сулфат-редукция в биоанодната зона – отпадъчна спиртна шлемпа от дестилерия. В това изследване беше установена възможността за отстраняване на сулфати от катодната зона чрез принудителната им миграция през АЕМ към анодната зона. Едновременно с това, в резултат на процеса на МСР, сулфатните йони, преминали през АЕМ, се редуцират до H_2S в анодната зона. Произведеният H_2S , имащ ролята на медиатор в преноса на електрони се окислява на анодната повърхност до S^0 и други форми на сярата. Установена е и приложимостта на отпадъчната спиртна шлемпа като евтин и достъпен органичен субстрат за процеса МСР. Тежките метали (Cu^{2+} , Ni^{2+} и Zn^{2+}) в катодната камера на БЕС се отстраняват в различна степен. При режим микробна горивна клетка (МГК), работеща в продължение на 120 часа, степента на редукция на Cu^{2+} достига 94,6% (при използване на отпадъчна спиртна шлемпа) и 98,6% (при използване на среда на Postgate). По отношение на Ni^{2+} и Zn^{2+} не се установява значително намаляване на техните концентрации в течната фаза. При работа на БЕС в режим на микробна електролизна клетка (МЕК) е постигнато намаление на Cu^{2+} – 99,9%, Ni^{2+} – 65,9% и Zn^{2+} – 64,0%. За 96 часа отстраняването на сулфати в режим МЕК е 69,9%, а в режим на МГК – 35,2%.

П.6. Angelov A., Bratkova S., Ivanov R., Velichkova P., *Removal of H₂S and CO₂ from biogas by algae-assisted bioelectrochemical system with oxygenic and anoxygenic photosynthesis*, Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 2023, Vol. 58(4), pp. 682-689. ISSN 314-7471 (print) ISSN 1314-7978 (on line), (Scopus, Q3).

Ангелов А., Браткова С., Иванов Р., Величкова П., *Отстраняване на H₂S и CO₂ от биогаз чрез подпомагана от водорасли биоелектрохимична система с оксигенна и аноксигенна фотосинтеза*, Списание: Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 2023, Том 58(4), pp. 682-689. ISSN 314-7471 (print) ISSN 1314-7978 (on line), (Scopus, Q3).

ABSTRACT

A bioelectrochemical system (BES) combining oxygenic and anoxygenic photosynthesis was investigated. The possibility of improving the composition of biogas by removing H₂S and carbon dioxide in the anode zone of the bioelectrochemical system and obtaining additional energy has been established. The dynamics of HS⁻ removal from model solutions in the BES anolyte at 3 operating modes were observed. Complete removal of sulfides in the anodic zone and the anaerobic photobioreactor was found in the BES operating option as a microbial fuel cell (MFC). At the same time, an increase in the concentration of sulfates was observed to varying degrees for the studied variants. The most probable mechanisms for the removal of H₂S in this combined system are - the oxidation of sulfides by sulfur photoautotrophic bacteria present in the mixed consortium to sulfates and the bioelectrochemical oxidation of hydrogen sulfide on the surface of the anode to elemental sulfur and its other forms. The obtained results with real biogas passed through the BES anolyte and the anaerobic photobioreactor (APBR) are also positive- a complete purification of the biogas from H₂S and a significant removal of CO₂ (81÷85 %) were achieved, where the CH₄ content in the biogas reached 94.1÷96.2 %.

РЕЗЮМЕ

Изследвана е биоелектрохимична система (БЕС), съчетаваща оксигенна и аноксигенна фотосинтеза. Установена е възможността за подобряване състава на биогаза чрез отстраняване на H₂S и въглероден диоксид в анодната зона на биоелектрохимичната система и получаване на допълнителна енергия. Наблюдавана е динамиката на отстраняване на HS⁻ от моделни разтвори в БЕС анолита при 3 работни режима. Пълното отстраняване на сулфиди в анодната зона на анаеробния фотобиореактор беше установено в режим на БЕС като микробна горивна клетка (МГК). В същото време се наблюдава повишаване на концентрацията на сулфати в различна степен за изследваните варианти. Най-вероятните механизми за отстраняване на H₂S в тази комбинирана система са окисляване на сулфидите от серните фотоавтотрофни бактерии, присъстващи в смесения консорциум до сулфати и биоелектрохимично окисляване на сероводорода на повърхността на анода до елементарна сяра и други форми на сярата. Положителни са и получените резултати при изследвания с реален биогаз, преминал през анолита на БЕС и анаеробния фотобиореактор (APBR) – постигнато е пълно пречистване на биогаза от H₂S и значително намаляване на CO₂ (81÷85 %), при което съдържанието на CH₄ в биогаза се повишава до 94,1÷96,2 %.

Научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация (по група показатели Г)

III.1. Bratkova S., Lavrova S., Koumanova B., Angelov A., Nikolova K., Ivanov R., *Treatment of wastewaters containing Fe, Cu, Zn and As by microbial hydrogen sulfide and subsequent removal of COD, N and P*, Journal of Chemical Technology and Metallurgy, Vol. 53, 2, 2018, pp. 245-257. ISSN 314-7471 (print) ISSN 1314-7978 (on line), (Scopus).

Браткова С., Лаврова С., Куманова Б., Ангелов А., Николова К., Иванов Р., *Пречистване на води, съдържащи Fe, Cu, Zn и As чрез микробно продуциран сероводород и последващо отстраняване на ХПК N и P*, Списание: Journal of Chemical Technology and Metallurgy, Том 53, 2, 2018, стр. 245-257. ISSN 314-7471 (print) ISSN 1314-7978 (on line), (Scopus).

Abstract: Acid drainage wastewaters (pH 2.6 - 2.8) contaminated with Fe 200 mg/l, Cu 25 mg/l, Zn 25 mg/l, and As 15 mg/l were treated in a laboratory-scale installation. The installation design includes an anaerobic sulfidogenic bioreactor, a chemical reactor, an aerobic activated sludge reactor, an anaerobic biofilter and a vertical flow constructed wetland reactor, connected in series. Sulfate-reducing bacteria were adhered in biofilm, which is immobilized on zeolite particles in the anaerobic bioreactor. The bacteria were cultivated on a medium containing lactate as a source of carbon and energy. The influence of TOC/SO₄²⁻ ratios 0.43, 0.54 0.64 on the rate of the microbial sulfate-reduction was determined. Pollutants removal was achieved in a chemical reactor by sedimentation with microbially produced H₂S. SEM/EDS data and X-ray diffraction analyses proved that the precipitated heavy metals are mainly in forms of relevant insoluble sulfides. The design of the lab-scale installation makes possible efficient removal of the residual organic compounds and hydrogen sulfide as well as the processes of nitrification and denitrification to occur. The reported treating method allows the removal of heavy metals, COD, N and P from wastewaters below the permeable level for water intended for use in the agriculture and/or industry.

Резюме: Кисели дренажни води (рН 2,6 - 2,8), замърсени с Fe 200 mg/l, Cu 25 mg/l, Zn 25 mg/l и As 15 mg/l са пречиствани в лабораторна инсталация. Дизайнът на инсталацията включва анаеробен сулфидогенен биореактор, химически реактор, аеробен реактор с активна утайка, анаеробен биофилтър и реактор тип влажна зона с вертикален поток, свързани последователно. Сулфат-редуциращите бактерии са имобилизирани в биофилм, прикрепен към частици зеолит в анаеробния биореактор. Бактериите са култивирани на хранителна среда, съдържаща лактат като източник на въглерод и енергия. Определено е влиянието на съотношението общ органичен въглерод:сулфати 0.43, 0.54 0.64 върху скоростта на микробната сулфат-редукция. Отстраняването на замърсителите е постигнато в химически реактор чрез утаяване с микробно генериран H₂S. Данните от SEM/EDS и рентгеновата дифракция доказват, че тежките метали са утаени главно под формата на съответните неразтворими сулфиди. Конструкцията на лабораторната инсталация позволява ефективно отстраняване на остатъчни органични съединения и сероводород, както и протичане на процесите нитрификация и денитрификация. Докладваният метод за пречистване позволява отстраняването на тежки метали, ХПК, N и P от отпадъчни води под ПДК за води, предназначени за използване в селското стопанство и/или промишлеността.

III.2. Velichkova, P.G., Bratkova, S.G., Angelov, A.T., *Influence of the applied external voltage on anaerobic digestion with integrated microbial electrolysis cell*, Bulgarian Chemical Communications, 2022, Vol. 54(4), pp. 343-348. ISSN 2534-9899 (Online) (Scopus).

Величкова, П.Г., Браткова, С.Г., Ангелов, А.Т., *Влияние на приложеното външно напрежение на интегрирана микробна електролизна клетка върху анаеробното разграждане*, Списание: *Bulgarian Chemical Communications*, 2022, Том 54 (4), стр. 343-348. ISSN 2534-9899 (Online) (Scopus).

Abstract: An external microbial electrolysis cell (MEC) was integrated into the ethanol stillage anaerobic digestion reactor (AD). The AD-MEC system is a promising technology for enhancing biogas production. It accelerated methane production and stabilized the process. A change in applied external voltage could change microbial metabolism and affect substrate degradation rate, volatile fatty acid (VFA) generation and biogas production. The effect of applied external voltage on biodegradability, VFA and methane content in produced biogas was studied. Four values of external voltage were selected - 0.6, 0.8, 1.0 and 1.2 V. The kinetics of biogas production for 15 days was monitored. Methane yields increased to 84, 88 and 82 % (vol.) at 0.6, 0.8 and 1.0 V voltages of the microbial electrolysis cell, respectively. Higher voltage (1.2 V) did not increase the methane content vs AD-only process (75 %, vol.). The best biodegradability was achieved at low voltages (0.6 and 0.8 V) - reduction of chemical oxygen demand by 88-89 % and purification of ethanol stillage from sulfates. Acetic acid decreased by 96 % at 0.6 V, 95 % at 0.8 V, 74 % at 1.0 V and 65 % at 1.2 V.

Резюме: Външна микробна електролизна клетка (МЕК) е интегрирана в реактор за анаеробно разграждане (АР) на спиртна шлемпа. Системата АР-МЕК е обещаваща технология за подобряване на производството на биогаз. Тя ускорява производството на метан и стабилизира процеса. Измененията в приложеното външно напрежение могат да променят микробния метаболизъм и скоростта на разграждане на субстрата, генерирането на летливи мастни киселини (ЛМК) и производството на биогаз. Изследван е ефектът от приложеното външно напрежение върху биоразградимостта, ЛМК и съдържанието на метан в произведения биогаз. Избрани са четири стойности на външно напрежение - 0.6, 0.8, 1.0 и 1.2 V. Проследена е кинетиката на производството на биогаз за 15 дни. Добивът на метан се увеличава съответно до 84, 88 и 82 % (об.) при напрежение 0.6, 0.8 и 1.0 V на микробната електролизна клетка. По-високото приложено напрежение (1,2 V) не повишава съдържанието на метан спрямо процеса на самостоятелно анаеробно разграждане (75 %, об.). Най-добра биоразградимост е постигната при ниско напрежение (0,6 и 0,8 V), като химическата потребност от кислород намалява с 88-89% и се постига пречистване на спиртната шлемпа от сулфати. Оцетната киселина намалява с 96 % при 0,6 V, 95 % при приложено напрежение 0,8 V, 74 % при 1,0 V и 65 % при 1,2 V.

III.3. Angelov A., Bratkova S., Ivanov R., Velichkova P., *Algae-assisted bioelectrochemical system with ammonium, sulfide removal and parallel biomethanation*, *Bulgarian Chemical Communications*, 2023, Vol. 55(1), pp. 53-60. ISSN 2534-9899 (Online) (Scopus).

III.3. Ангелов А., Браткова С., Иванов Р., Величкова П., *Подпомогната от водорасли биоелектрохимична система за отстраняване на амониев азот и сулфиди с паралелно биометанизиране*, Списание: *Bulgarian Chemical Communications*, 2023, Том 55(1), pp. 53-60. ISSN 2534-9899 (Online) (Scopus).

Abstract: In a two-section bioelectrochemical system (BES), the processes of biomethanation of ethanol stillage in the anode zone and oxygenic photosynthesis in the cathodic zone are combined. There is a reduction of ammonium ions and removal of H₂S in the anode zone, and at the same time, there is a positive impact on the process of biomethanation from ethanol stillage in parallel to the anode anaerobic bioreactor. Chemical oxygen demand (COD) reductions ranging from 71.2% to

89.5% were achieved in the 3 BES operating modes studied. The dynamics of the main technological parameters in the bioanode and biocathode area of the BES during continuous operation of the anaerobic bioreactor and photobioreactor (PBR) at a contact time of 10 days is established. Depending on the selected variant of operation of BES - microbial fuel cell (MFC), microbial electrolysis cell (MEC) with 0.6V and 0.9V, a decrease in the ammonium concentration is found to varying degrees, as in the MEC mode with an external electrical voltage of 0.9V the highest degree of 76.5% is reached. At the same time, complete removal of H₂S is found, in the liquid and gas phases in MEC - mode and partially (78 – 84 %) in MFC -mode. The influence of the photosynthetic phases on the electrochemical parameters of MFC was also investigated, with maximum values for power and current densities of 29 W/m² and 115 mA/m², respectively.

Резюме: В двусекционна биоелектрохимична система (БЕС) са комбинирани процесите на биометанизиране на спиртна шлемпа в анодната зона и кислородна фотосинтеза в катодната зона. В анодната зона се намалява концентрацията на амониевите йони и се отстранява H₂S, като в същото време се постига положителен ефект върху процеса на биометанизиране на спиртната шлемпа в анаеробния биореактор. Намаляването на химическата потребност от кислород (ХПК) в 3-те изследвани режима на работа на БЕС варира от 71,2% до 89,5%. Установена е динамиката на основни технологични параметри в биоанодната и биокатодната зона на БЕС при непрекъсната работа на анаеробния биореактор и фотобиореактора (ФБР) при контактното време 10 дни. В зависимост от избрания вариант на работа на БЕС- микробна горивна клетка (МГК) и микробна електролизна клетка (МЕК) с приложено външно напрежение 0.6V и 0.9V, концентрацията на амониеви йони намалява в различна степен, както при режим МЕК с външно електрическо напрежение от 0,9 V е достигната най-високата степен на пречистване - 76,5%. В същото време се установява пълно отстраняване на H₂S, в течната и газовата фаза в режим на МЕК и частично (78 – 84 %) в режим на МГК. Изследвано е също така влиянието на светлинната и тъмнинната фаза на фотосинтезата върху електрохимичните параметри на МГК, като постигнатите максимални стойности за мощността и плътността на тока са съответно 29 W/m² и 115 mA/m².

III.4. Nikolova, K. T., Bratkova, S., Angelov, A., Genova, P., Ivanov, R., Velichkova, P. (2025). Effective laboratory-scaled ettringite precipitation of extractive waste influenced water with high sulphate content. Ecological Engineering & Environmental Technology, 26(8), 375-384. <https://doi.org/10.12912/27197050/208581>, Q3

III.4. Николова, К., Браткова, С., Ангелов, А., Генова, П., Иванов, Р., Величкова, П. (2025) Ефективно лабораторно утаяване на еtringит от води с високо съдържание на сулфати, повлияни от минни отпадъци, Ecological Engineering & Environmental Technology, 26(8), 375-384. ISSN 2719-7050

Abstract: Extractive waste influenced waters or acidic mine drainages are of strong concern due to anionic pollutants such as sulphates as well as soluble forms of metals and metalloids, radionuclides, rare earth elements. Strict restrictions on the content of sulphates in waters along with other key parameters have been introduced in European legislation, consistent with the policies regarding the protection of water quality and human health. The present work examines the optimization of a proven in practice ettringite precipitation as a second step after liming in laboratory conditions in continuous mode with a pre-selected suitable source of aluminium in form of commercial cement. This allows reaching the ecological standards for sulphate content, as well as reducing the electrical conductivity in the effluent, thus eliminating the disadvantages of the classic scheme for lime treatment due to the high solubility of the formed precipitates of gypsum. However, the chemical composition and large quantities of formed sludge at the investigated method are still subject of particular attention from an economic and environmental point of view.

Резюме: Водите, повлияни от минни отпадъци или киселите руднични дренажни води, са сериозен проблем поради анионните замърсители като сулфати, както и разтворими форми на метали и металоиди, радионуклиди, редкоземни елементи. В европейското законодателство са въведени строги ограничения за съдържанието на сулфати във водите, както и за други ключови параметри, в съответствие с политиките относно опазването на качеството на водите и човешкото здраве. Настоящата работа разглежда оптимизирането на доказано на практика утаяване на еtringит като втора стъпка след варуване в лабораторни условия в непрекъснат режим с предварително избран подходящ източник на алуминий под формата на търговски цимент. Това позволява достигане на екологичните стандарти за съдържание на сулфати, както и намаляване на електропроводимостта в отпадъчните води, като по този начин се елиминират недостатъците на класическата схема за третиране с вар, дължащи се на високата разтворимост на образуваните утайки от гипс. Въпреки това, химичният състав и големите количества образувани утайки при изследвания метод все още са обект на особено внимание от икономическа и екологична гледна точка.

III.5. Angelov, A.T., S.G. Bratkova, K.T. Nikolova, S.K.Plochev, P.G. Genova, R.V.Ivanov, P. G. Velichkova (2025). Efficiency of algae-assisted photo-bioelectrochemical system in anaerobic wastewater treatment., Bulgarian Chemical Communications, ISSN 08619808, Issue 4 (pp. 295-301), DOI: <https://doi.org/10.34049/bcc.57.4.5706> , Q4

III.5. Ангелов, А., Браткова, С., Николова, К., Плочев, С., Генова, П., Иванов, Р., Величкова, П. (2025). Ефективност на фотобиоелектрохимична система, подпомагана от водорасли, при анаеробно пречистване на отпадъчни води, *Bulgarian Chemical Communications*, том 57, изд. 4/2025, стр. 295-301, ISSN 08619808, DOI: <https://doi.org/10.34049/bcc.57.4.5706> , Q4

Abstract: Bioelectrochemical systems offer various potential applications for environmental protection. The present study examines the performance of a photo-bioelectrochemical system (PBES) consisting of a microbial fuel cell (MFC) and a column photobioreactor with a mixed culture of microalgae. The generation of significant amounts of oxygen in the medium by the algae during photosynthesis is a key factor in their usage in the cathodic zone of bioelectrochemical systems. In the anodic area of a microbial fuel cell, two waste organic substrates (ethanol stillage and vinasse) used as electron donors for the microbial sulfate reduction process were compared. At different operating modes, there were determined and analyzed the main electrochemical parameters of a PBES - open circuit voltage (436 - 510mV), maximum power (8.0 – 14.5 W/m²), current density (34.8 – 64.1 mA/m², internal resistance, coulombic efficiency, etc.

Резюме: Биоелектрохимичните системи предлагат различни потенциални приложения за опазване на околната среда. Настоящото изследване разглежда работата на фотобиоелектрохимична система (ФБЕС), състояща се от микробна горивна клетка (МГК) и колонен фотобиореактор със смесена култура от микроводорасли. Генерирането на значителни количества кислород в средата от водораслите по време на фотосинтезата е ключов фактор за тяхното използване в катодната зона на биоелектрохимичните системи. В анодната област на микробна горивна клетка са сравнени два отпадъчни органични субстрата (спиртна шлепа и винаса), използвани като донори на електрони за процеса на микробна сулфатна редукция. При различни режими на работа са определени и анализирани основните електрохимични параметри на ФБЕС - напрежение на отворена верига (436 – 510 mV), максимална мощност (8.0 - 14.5 W/m²), плътност на тока (34.8 - 64.1 mA/m²), вътрешно съпротивление, кулонова ефективност и др.

III.6. Angelov, A., Gorbounov, Y. and Velichkova, P. (2025). Enhancing biomethane production with a modulated electric field in anaerobic digestion-microbial electrolysis cell systems. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 26(12), 226–237, <https://doi.org/10.12912/27197050/214281>, Q3

III.6. Ангелов, А., Горбунов, Й. и Величкова, П. (2025). Стимулиране на производството на биоетан, чрез модулирано електрическо поле в система за анаеробно разграждане – микробна електролизна клетка. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 26(12), 226–237, Q3

Abstract: The advantages of integrating bioelectrochemical systems into anaerobic wastewater treatment reactors have been established over the last decade. In addition to enhancing biogas yield, its integration also improves biogas quality, eliminating the need for additional purification before its utilization as an energy source. While the biochemical and electrochemical processes in a hybrid AD-MEC system with a constant external electric field are well studied, the effects of a pulsed electric field remain insufficiently explored. In this study, the influence of periodic polarization using a pulsed power supply on biogas yield from distillery wastewater (vinasse and ethanol stillage) in an AD-MEC system was investigated. The experiments were performed at three different pulsed power supply frequencies with 0.8 V–1.0 Hz (1s), 0.2 Hz (5s) and 0.1 Hz (10s). The results were compared with those obtained with a constant electric field (0.8 V) and a control mode without MEC. Low-frequency pulsed power supply (0.1 and 0.2 Hz), resulted in higher biogas yield and methane content compared to both the high-frequency mode and constant electric field. For ethanol stillage, the biogas yield increased by 20–25% relative to the control, and for vinasse by 13–16% under the optimal conditions.

Резюме: Предимствата от интегрирането на биоелектрохимични системи в анаеробни реактори за пречистване на отпадъчни води са установени през последното десетилетие. Освен че повишава добива на биогаз, тази интеграция подобрява и качеството на биогаза, като елиминира необходимостта от допълнително пречистване преди използването му като енергиен източник. Докато биохимичните и електрохимичните процеси в хибридна AD-MEC система с постоянно външно електрично поле са добре проучени, ефектите на импулсното електрично поле остават недостатъчно изследвани. В настоящото изследване беше проучено влиянието на периодична поляризация чрез импулсно захранване върху добива на биогаз от отпадъчни води от спиртоварна (винаса и остатъчна течност след дестилация на етанол) в AD-MEC система. Експериментите бяха проведени при три различни честоти на импулсното захранване: 0,8 V – 1,0 Hz (1 s), 0,2 Hz (5 s) и 0,1 Hz (10 s). Резултатите бяха сравнени с тези, получени при постоянно електрично поле (0,8 V) и контролен режим без MEC. Нискочестотното импулсно захранване (0,1 и 0,2 Hz) доведе до по-висок добив на биогаз и по-високо съдържание на метан в сравнение както с високочестотния режим, така и с режима с постоянно електрично поле. При остатъчната течност след дестилация на етанол добивът на биогаз се увеличи с 20–25% спрямо контролната проба, а при винасата – с 13–16% при оптималните условия.

Научни публикации в нереферирани списания с научно рецензиране или в редактирани колективни томове (по група показатели Г)

III.7 Alexandre Loukanov, Svetlana Bratkova, Velichka Mitova, Sotir Plochev, Anatoliy Angelov, 2013, Photocatalytic decolorization of azo dyes by nanostructured zinc oxide doped with lanthanum, Sustainable Development 6 (2013) 91-96, ISSN: 1314-4138.

III.7. Александър Луканов, Светлана Браткова, Величка Митова, Сотир Плочев, Анатолий Ангелов, 2013, Фотокаталитично обезцветяване на азобагрила чрез наноструктуриран цинков оксид, легиран с лантан, Устойчиво развитие 6 (2013) 91-96, ISSN: 1314-4138.

Abstract: The photocatalytic ability of thin film nanostructured zinc oxide, which is doped with lanthanum, is demonstrated. The applied chemical conditions lead to synthesis of uniform in size nanoparticles. They are easy for purification and characterization by UV-VIS, X-ray analysis and scanning electron microscopic observation. The experimental data show that La-doped zinc oxide nanoparticles possess higher photocatalytic activity in comparison with pure zinc oxide nanoparticles in the control experiment. The tests were performed by decolorization of model solution of Reactive Black 5 and Malachite Green azo dyes. This novel nanomaterial has potential for practical application in industrial facilities for remediation of wastewaters.

Резюме: Демонстрирана е фотокаталитичната способност на тънкослоен наноструктуриран цинков оксид, легиран с лантан. Приложените химични условия водят до синтез на еднородни по размер наночастици. Те са лесни за пречистване и характеризиране чрез UV-VIS, рентгенов анализ и сканиращо електронно-микроскопско наблюдение. Експерименталните данни показват, че наночастиците от цинков оксид, легирани с La, притежават по-висока фотокаталитична активност в сравнение с чистите наночастици от цинков оксид в контролния експеримент. Тестовете са проведени чрез обезцветяване на моделен разтвор на азобагрила Reactive Black 5 и Malachite Green. Този нов наноматериал има потенциал за практическо приложение в промишлени съоръжения за пречистване на отпадъчни води.

III.8 Nikolova, K., Angelov, A., Bratkova, S., Plochev, S. (2013). Overview of EU permitting and regulatory mechanisms of storing CO₂ in UCG cavities, Revista Mining Revue/Revista Minelor, Vol 19, Issue 1, pp. 26-33, ISSN-L 1220-2053 / ISSN 2247-8590.

III.8. Николова, К., Ангелов, А., Браткова, С., Плочев, С. (2013). Преглед на разрешителните и регулаторните механизми на ЕС за съхранение на CO₂ в кухини от подземна въглищна газификация, Revista Mining Revue/Revista Minelor, 2013, том 19, брой 1, стр. 26-32, ISSN 1220-2053

Abstract: The carbon capture and storage (CCS) is a basic part of worldwide efforts to limit global warming by reducing greenhouse-gas emissions. European Union's 27 member states have met the deadline to adopt a milestone CCS law, which will manage some of the environmental risks of CCS and regulate the underground storage of CO₂. Member states were obliged to transpose the obligations included in the EU CCS Directive into their national legislation by 25 June 2011. France, Spain and the UK were among the first to meet the deadline, along with Romania, Belgium, Denmark, Ireland, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Austria and Finland. The European Commission enjoys enforcement powers through infringement procedures against Member States failing to comply with

their obligation to implement EU law. However, the legal regulations concerning permanent storage of CO₂ in geological formations are not sufficiently developed because this technology is relatively new to global scale.

Резюме: Улавянето и съхранението на въглероден диоксид (CCS) е основна част от световните усилия за ограничаване на глобалното затопляне чрез намаляване на емисиите на парникови газове. 27-те държави членки на Европейския съюз спазиха крайния срок за приемане на важен закон за CCS, който ще управлява някои от екологичните рискове от CCS и ще регулира подземното съхранение на CO₂. Държавите-членки бяха задължени да транспонират задълженията, включени в Директивата на ЕС за CCS, в националното си законодателство до 25 юни 2011 г. Франция, Испания и Обединеното кралство бяха сред първите, които спазиха крайния срок, заедно с Румъния, Белгия, Дания, Ирландия, Латвия, Литва, Люксембург, Австрия и Финландия. Европейската комисия разполага с правомощия за прилагане чрез процедури за нарушение срещу държави членки, които не спазват задължението си да прилагат законодателството на ЕС. Въпреки това, правните разпоредби относно постоянното съхранение на CO₂ в геоложки формации не са достатъчно развити, тъй като тази технология е сравнително нова в световен мащаб.

III.9 Angelov, A., Bratkova S., Nikolova, K. (2013). Development of microbial fuel cell for treatment of mining wastewater, Proceedings of the XV Balkan Mineral Processing Congress, Sozopol, Bulgaria, June 12-16, pp. 1022-1024, ISBN 954-353-2176, 978-954-353-2179

III.9 Angelov, A., Bratkova, S., Nikolova, K. (2013). Разработване на микробна горивна клетка за пречистване на минни отпадъчни води, Сборник с доклади от XV Балкански конгрес по обогатяване на полезни изкопаеми, Созопол, България, 12–16 юни, стр. 1022–1024, ISBN 954-353-2176, 978-954-353-2179.

Abstract: Microbial Fuel Cell (MFC) is considered as one of the alternative energy resources from renewable materials. By employing the natural sulfate-reducing bacterium consortium we demonstrate the possibility of electricity generation in a microbial fuel cell with concomitant sulfate removal. Microbial fuel cell has been developed, based on natural sulfate-reducing bacterium consortium in electroactive biofilm on zeolite. MFC was constructed using Cation Exchange Membrane type CMI - 7000S, graphite electrodes without addition of any toxic mediators as electron acceptors in the anode chamber. This report reveals dependence relationship between the progress of general electrochemical parameters of MFC and bacterial sulfate-reduction rate. The impact of basic technological parameters into the process of microbial dissimilatory sulfate reduction in the area of anode has been determined - the influence of the aeration intensity in the cathodic zone, temperature and ratio COD/SO₄. The presented MFC design can be used for simultaneous sulfate purification of mining drainage wastewater and generation of green electricity.

Резюме: Микробната горивна клетка (MFC) се разглежда като един от алтернативните енергийни източници от възобновяеми материали. Чрез използване на естествен консорциум от сулфат-редуциращи бактерии демонстрираме възможността за генериране на електроенергия в микробна горивна клетка, съпроводено с едновременно отстраняване на сулфати. Разработена е микробна горивна клетка, базирана на естествен консорциум от сулфат-редуциращи бактерии, формиращ електроактивен биофилм върху зеолит. MFC е конструирана с катионообменна мембрана тип CMI-7000S и графитни електроди, без добавяне на токсични медиатори като електронни акцептори в анодната камера. Настоящият доклад разкрива зависимостта между развитието на основните електрохимични параметри на MFC и скоростта на бактериалната сулфат-редукция. Определено е влиянието на основни технологични параметри върху процеса на микробна дисимилаторна сулфат-редукция в анодната зона – влиянието на интензивността на аерация в катодната зона, температурата и съотношението COD/SO₄. Предложеният дизайн на MFC може да се използва за едновременно

пречистване от сулфати на минни дренажни отпадъчни води и генериране на „зелена“ електроенергия.

III.10 Bratkova, S., Plochev, S., Nikolova, K., Loukanov, A. and Angelov, A. (2013). Treatment of acid mine waters by means of different anaerobic cells and constructed wetland, Proceedings of the XII-th national conference with international participation of the open and underwater mining of minerals, 26-30 June, Varna, Bulgaria, pp. 349-356, after 2017, ISSN 2535 0854, COBISS.BG-ID – 1280890596

III.10. Браткова, С., Плочев, С., Николова, К., Луканов, А., Ангелов, А. (2013). Пречистване на кисели руднични води посредством анаеробни камери от различен тип и аеробна влажна зона. Сборник от XII-та национална конференция с международно участие за открит и подводен добив на минерали, 26-30 юни, Варна, България, стр. 349-356, След 2017 г., ISSN 2535 0854, COBISS.BG-ID – 1280890596

Abstract: Acid mine waters, containing Fe, Cu, Zn, Mn, As and sulfates, were treated by means of a laboratory passive system. The laboratory-scale installation consists of two chambers for sulfate-reduction, containing crushed limestone and a mixture of biodegradable waste organic substrates and of a wetland. It was studied the influence of design of anaerobic chambers and the flow direction on the neutralization of wastewaters and the pollutants removal. Through the treatment of effluents by constructed aerobic wetland the concentrations of the pollutants decrease below the relevant permissible levels for waters intended for use in the agriculture and/or industry.

Резюме: Кисели руднични води, съдържащи Fe, Cu, Zn, Mn, As и сулфати са третираны посредством лабораторна пасивна система. Лабораторната инсталация включва две камери за микробна сулфат-редукция, запълнени с натрошен варовик и смес от биологично разградими отпадъчни органични субстрати и влажна зона. Изследвано е влиянието на дизайна на анаеробните камери и посоката на движение на потока върху неутрализирането на третираните води и отстраняването на замърсителите. Посредством третирането на изходящите от камерите води чрез аеробна влажна зона е постигнато понижаване на концентрациите на изследваните замърсители под пределно допустимите концентрации за води, използвани за селскостопански и/или индустриални нужди.

III.11 Nikolova, K., Bratkova, S., Angelov, A., Genova, P. (2013). An analysis of ecological risk of CCS in the context of European environmental legislation, Proceedings of the IV international scientific and technical conference “Geology and hydrocarbon potential of the Balkan Black Sea region” 11-15 September, Varna, Bulgaria, pp. 286-292, ISBN - 978-954-92738-5-4, COBISS.BG-ID – 1262625764

III.11. Николова, К., Браткова, С., Ангелов, А., Генова, П. (2013). Анализ на екологичния риск от улавянето и съхранението на въглероден диоксид (CCS) в контекста на европейското екологично законодателство, Сборник от IV международна научно-техническа конференция „Геология и въглеводороден потенциал на Балканско-Черноморския регион“, 11-15 септември, Варна, България, стр. 286-292, ISBN - 978-954-92738-5-4, COBISS.BG-ID - 1262625764

Abstract: Main environmental risks of the Carbon capture and storage (CCS) technology, which are quite specific and related to varying environmental conditions, were reviewed. They must be defined for the unique geological and hydrogeological conditions of each field. To apply the CCS technology at an appropriate site it is necessary to implement the best available European and international practices, observing all environmental requirements listed in European and national legislation. The issue of CCS can be related to a series of EU regulations – the CCS Directive, the

Water Framework Directive, the Groundwater Directive, the Directive on mining waste management and etc.

Резюме: Разгледани са основните екологични рискове от технологията за улавяне и съхранение на въглероден диоксид (CCS), които са доста специфични и свързани с различни условия на околната среда. Те трябва да бъдат дефинирани за уникалните геоложки и хидрогеоложки условия на всяко находище. За да се приложи технологията CCS на подходящ обект, е необходимо да се внедрят най-добрите налични европейски и международни практики, като се спазват всички екологични изисквания, изброени в европейското и националното законодателство. Въпросът за улавянето и съхранението на въглероден диоксид (CCS) може да бъде свързан с редица регламенти на ЕС - Директивата за CCS, Рамковата директива за водите, Директивата за подземните води, Директивата за управление на минните отпадъци и др.

III.12 Занева-Добранова, Е., Щ. Льомов, А. Ангелов, 2013, “Шистовият газ” – един от неконвенционалните източници на въглеводородни ресурси. Сп. Минно дело и геология, бр.7-8, стр. 45-52, ISSN: 0861-5713.

III.12 Zaneva-Dobranova, E., Sht. Lyomov, A. Angelov, 2013, “Shale Gas” – One of the Unconventional Sources of Hydrocarbon Resources. *Mining and Geology Journal*, No. 7–8, pp. 45–52, ISSN: 0861-5713.

Резюме: Направен е преглед на състоянието на изучеността в световен, европейски и национален мащаб на проблема, свързан с особеностите при проучването и добива на «шистов газ» и произтичащите от тях екологични рискове. Основният извод е необходимостта от разширяването на познанието на българското общество за своя потенциал от подземни ресурси. Това познание е нужно да се реализира на базата на разумния баланс на потребностите на страната от собствени енергийни източници, възможните екологични последици и икономическата целесъобразност.

Abstract: An overview of the state of study on the global, European and national scale of the problem related to the „shale gas“ exploration and extraction features and the ensuing environmental risks. The main conclusion is the necessity of expanding the knowledge of the Bulgarian society about its potential from underground resources. This knowledge needs to be realized on the basis of a reasonable balance of the country's own energy needs, possible environmental consequences and economic feasibility.

III.13. Alexandre Loukanov, Milena Georgieva, Anatoliy Angelov, (2014), Toxicological assessment of photocatalytically destroyed mixed azo dyes by *Chlorella Vulgaris*, Annual of the University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, vol.57, 2014, pp.140-142, ISSN: 1312-1820.

III.13. Александър Луканов, Милена Георгиева, Анатолий Ангелов (2014), Токсикологична оценка на фотокаталитично разградени смесени азобагрила чрез *Chlorella vulgaris*, Годишник на Минно-геоложкия университет „Св. Иван Рилски“, том 57, 2014, стр. 140–142, ISSN: 1312-1820.

Abstract. The study aims to evaluate the toxic effects photocatalytically destroyed mixed azo dyes on the growth of *Chlorella vulgaris* and to assess its bioaccumulation capacity as a function of the dye concentration and the time of contact with the xenobiotic. The assays were accomplished in a set of miniaturized tests, which contains the bioindicator. The exponentially growing algae cultures were exposed to various concentrations of model solution before and after photooxidation treatment.

The toxicological effect of the dyes was determined by measuring of the grown inhibition over a fixed period. The toxicity to *Chlorella vulgaris*, expressed as $\log(1/EC50)$ of xenobiotics has been examined. All data demonstrate that the growth inhibition was greater with untreated azo dyes than the destroyed reaction mixture. The final dye concentration in the supernatant was measured spectrophotometrically in the presence of microalgae. The data demonstrated the efficiency of *Chlorella vulgaris* to remove the dye from wastewaters.

Резюме. Изследването е насочено към изучаване на токсичния ефект на фотокаталитично разрушена смес на азобагрила върху растежа на *Chlorella vulgaris* и да се оцени биоаккумуляционния капацитет, като функция на концентрацията на багрилото и времето на контакт с ксенобиотика. Анализите са извършени в набор на миниатюризирани тестове, съдържащи биоиндикатор. Експоненциално растящи култури на микроводорасли бяха изложени на различни концентрации на моделно багрило преди и след фотоокислително третиране. Токсикологичния ефект на багрилата беше определен чрез измерване инхибирането на растежната за определен времеви период. Токсичността на ксенобиотика беше определена спрямо $\log(1/EC50)$ на *Chlorella vulgaris*. Получените данни показват, че нетретираното багрило инхибира в по-голяма степен растежа на микроводораслите, отколкото реакционната смес, получена в резултат на фотоокисление. Крайната концентрация на багрилото в супернатантата беше измерена спектрофотометрично в присъствие на микроалгите. Получените резултати доказват ефективността на *Chlorella vulgaris* да отстраняват багрилото от отпадната вода.

III.14. Nikolova K., Lavrova S., Angelov, A., Bratkova S., *Influence of the nitrates in the anolyte on the MFC performance, Annual of the university of mining and geology "ST. IVAN RILSKI", Vol. 57, Part II, Mining and Mineral processing, 2014. ISSN: 1312–1820.*

III.14. Николова К., Лаврова С., Ангелов А., Браткова С., *Влияние на съдържанието на нитратите в анолита върху МГК, Годишник на МГУ "Св. Иван Рилски", София, Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2014. ISSN: 1312–1820.*

Резюме: Микробните горивни клетки (МГК) се считат за един от алтернативните източници на енергия от възобновяеми суровини. За целите на това проучване беше проектирана двукамерна МГК, като беше използвана мембрана тип CMI-7000S. В анодната камера се третираха води с висока концентрация на органични съединения, в присъствие или в отсъствие на нитрати. Катодната камера беше запълнена с 100 mM $K_3[Fe(CN)_6]$ в 67 mM фосфатен буфер с pH 7,0. Беше установено, че наличието на нитрати във водите води до бърза консумация на част от донорите на електрони, т.е. денитрификацията оказва негативно влияние върху горивната клетка. От друга страна, този процес доведе до по-висока степен на окисление на органичните съединения във водата и тяхното пречистване от нитратен азот. Получените данни показват, че значителен брой от физико-химични, технологични и микробиологични фактори имат влияние върху ефективността на процеса.

Abstract: Microbial Fuel Cells (MFCs) are considered as one of the alternative energy sources from renewable materials. For the purpose of this study it was designed a two-chambered MFC, as it was used membrane type CMI-7000S. In the anodic chamber were treated waters, containing organic compounds in high concentration in presence or in absence of nitrates. The cathodic chamber was filled up with 100 mM $K_3[Fe(CN)_6]$ in 67 mM phosphate buffer with pH 7.0. It was found that the presence of nitrates in the waters resulted in a rapid consumption of a part of the donors of electrons, i. e. the denitrification had a negative effect on the performance of the fuel cell. On the other hand, this process had resulted in a higher rate of oxidation of organic substances in water and their removal of nitrate nitrogen. The data obtained showed that a significant number of

physico-chemical, technological and microbiological factors had an influence on the efficiency of the process.

III.15. Angelov A., Bratkova S., Stefanova D., Nikilova K., *Development of a system for management and monitoring of technological parameters in a MFC with an application in the mining wastewaters treatment*, Proceedings of the XIII National conference with international participation of the open and underwater mining of minerals, 01 - 05 September 2015, Varna, BULGARIA, pp. 314-319 ISSN: 1314-8877.

III.15. Ангелов А., Браткова С., Стефанова А., Николова К., *Разработване на система за управление и мониторинг на технологични параметри в микробна горивна клетка с приложение за третиране на отпадъчни води от минната индустрия*, Сборник Доклади XIII Национална конференция с международно участие по открит и подводен добив на полезни изкопаеми, 01 – 05 Септември 2015, Варна, България, стр. 314-319, ISSN: 1314-8877.

Резюме: Установени са основните технологични параметри на микробна горивна клетка, базирана на процеса ДМСР с приложение за третиране на отпадъчни води с високо съдържание на сулфати. Предложена е технологична схема на лабораторна инсталация, позволяваща постоянен контрол и управление на базови за процеса технологични параметри – рН, температура, TDS и OCV. На основа на LabView® е предложена възможност за измерване на различни електро-химични параметри на микробната горивна клетка, определящи нейната ефективност.

Abstract: There are established the main technological parameters in MFC based on the process of DMSR with an application in treatment of wastewaters with high content of sulfates. A technological scheme of a laboratory-scaled installation is synthesized –it allows a continuous monitoring and management of basic technological parameters - pH, T, TDS and OCV. On the basis of LabView® is offered a possibility of measuring different electrochemical parameters of the MFC that determine its efficiency.

III.16. Bratkova S., Ivanov R., Angelov A., Nikolova K., *The influence of hydraulic retention time on the performance of microbial fuel cell integrated in successive alkalinity-producing system*, XVI Balkan mineral processing congress, Belgrade, Serbia, June 17-19, 2015, pp. 795-800, ISBN 978-86-82673-11-8 (MI).

III.16. Браткова С, Иванов Р., Ангелов А., Николова К., *Влияние на контактното време върху работата на микробна горивна клетка, интегрирана в аноксичен алкален дренаж*, Сборник доклади XVI Балкански конгрес по обогатяване на полезни изкопаеми Белград, Сърбия, Юни 17-19, 2015, стр. 795-800, ISBN 978-86-82673-11-8 (MI) .

Резюме: Синтетични минни води, съдържащи Cu - 60 mg/l и сулфати - 2 g/l, с рН 4,5 са пречиствани чрез аноксичен алкален дренаж (ААД) с интегрирана микробна горивна клетка. Дизайнът на ААД е паралелепипед с обем 16 dm³, който е запълнен с 4.5 kg смесена твърда органична материя (горежда тор, слама и дървени стъргонити в съотношение 4:1:1) и 2 kg варовик. Анодната камера на микробната горивна клетка е потопена в обема на субстрата. Катодната камера е запълнена със 100 mM K₃[Fe(CN)₆]. ААД е инокулиран със 100 ml обогатена смесена микробна култура, съдържаща сулфат-редуциращи бактерии от родовете *Desulfotomaculum*, *Desulfomicrobium*, *Desulfovibrio* и *Desulfobacterium*. Медните йони напълно

се утаяват под формата на неразтворимия CuS посредством микробно продуцирания сероводород. Изследвано е влиянието на контактното време в интервала от 4 до 8 денонощия върху скоростта на микробната сулфат-редукция и напрежението на отворена верига. При контактното време 6 д са получени стойности на плътност на мощността в диапазона 1.92 - 1.94 W/m², като плътността на тока е в интервала от 5.0 до 5.7 A/m².

Abstract: Synthetic mine water, containing Cu - 60 mg/l and sulfate - 2 g/l and pH 4.5 was treated by successive alkalinity-producing system (SAPS) with an integrated microbial fuel cell. The design of SAPS was cuboidal container with a volume of 16 dm³, filled up with a mixture of 4.5 kg solid organic matter (cow manure, hay and sawdust in the ratio 4:1:1) and 2 kg of limestone. The anodic chamber of microbial fuel cell is submerged in the volume of the substrate. The cathode chamber is filled up with 100 mM K₃[Fe(CN)₆]. The SAPS was inoculated with 100 ml enriched microbial culture of sulfate-reducing bacteria from genera *Desulfotomaculum*, *Desulfomicrobium*, *Desulfovibrio* and *Desulfobacterium*. The copper ions were completely precipitated in the form of insoluble CuS by microbial produced hydrogen sulfide. It was studied the influence of HRT from 4 to 8 days on the rate of the microbial sulfate reduction and the open circuit voltage. At HRT 6 d were obtained values of power density in the range 1.92 - 1.94 W/m² at a current density within the range 5.0 to 5.7 A/m².

III.17. Р. Иванов, П. Генова, С. Браткова, А. Ангелов, (2014), “Приложение на конструирани влажни зони при пречистване на битови отпадни води”, Национална научно техническа конференция с международно участие “Автоматизация в минната индустрия и металургията”, BULCAMC`2014, 06 – 07 ноември 2014, стр. 139 – 143, ISSN 1314-4537.

III.17. R. Ivanov, P. Genova, S. Bratkova, A. Angelov (2014), “Application of Constructed Wetlands for Domestic Wastewater Treatment,” National Scientific and Technical Conference with International Participation “Automation in the Mining Industry and Metallurgy,” BULCAMC`2014, November 6–7, 2014, pp. 139–143, ISSN 1314-4537.

Abstract: The constructed wetlands are among the technologies that are recently proven their wastewater treatment efficiency. In comparison with the conventional treatment systems, the constructed wetlands are low cost, easily operated and maintained, and they have a strong potential for application in developing countries, particularly for small settlements. However, these systems are not widespread, due to the lack of awareness and experiment in the technology development. The variations in constructions allow different in composition wastewaters to be treated in the artificial wetlands. The conditions in them are established to favor the growth of plants and microorganisms and thereby to be optimized the natural processes of self-treatment. Crucial to the effectiveness of constructed wetlands is the accurate approach in facilities designing.

Резюме: Конструираните влажни зони са сред технологиите, които в последните години доказаха своята ефективност при пречистване на отпадъчни води. В сравнение с конвенционалните пречиствателни системи, конструираните влажни зони са нискобюджетни, лесни за експлоатация и поддръжка и имат значителен потенциал за приложение в развиващите се страни, особено при малки населени места. Въпреки това тези системи все още не са широко разпространени поради липсата на достатъчна информираност и практически опит в развитието на технологията.

Разнообразието в конструктивните решения позволява в изкуствените влажни зони да се третират отпадъчни води с различен състав. В тях се създават условия, благоприятстващи развитието на растения и микроорганизми, като по този начин се оптимизират естествените процеси на самопречистване. От съществено значение за ефективността на конструираните влажни зони е прецизният подход при проектирането на съоръженията.

III.18. Генова, А. Ангелов, Р. Иванов, С. Плочев, (2014), “Съвременни подходи за третиране на инфилтрати от депа за твърди битови отпадъци”, Национална научно техническа конференция с международно участие “Автоматизация в минната индустрия и металургията”, BULCAMC`2014, стр. 144 – 149, ISSN 1314-4537.

III.18. P. Genova, A. Angelov, R. Ivanov, S. Plochev (2014), “Modern Approaches for Treatment of Leachate from Municipal Solid Waste Landfills,” National Scientific and Technical Conference with International Participation “Automation in the Mining Industry and Metallurgy,” BULCAMC`2014, pp. 144–149, ISSN 1314-4537.

Резюме: Инфилтратът от депата за битови твърди отпадъци представлява една от най-сложните за третиране отпадъчни води. Замърсяването с инфилтрати е дългосрочен проблем, тъй като образуването на филтрат продължава дълго след закриването на депото. От началото до самия край на жизнения цикъл на депото трябва да се осигури ефективен контрол и стриктно управление на генерирания филтрат. Химичният състав на филтрата представлява риск за околната среда и човешкото здраве. Схемите за третиране на филтрат обикновено включват комбинация от биологични, физични и химични процеси, проектирани като модулни, многостепенни съоръжения, способни да поемат промените в състава на филтрата във времето.

Abstract: The leachate from landfills for municipal solid wastes is one of the most challenging wastewater for treatment. The pollution with infiltrates is a long-term problem, as the leachate is still forming long after the landfill closure. From the beginning to the very end of the life-cycle of landfill, there must have an effective control and strong management of the produced leachate. The chemical composition of leachate is a risk for the environment and the human health. The schemes for leachate treatment usually consist of a combination of biological, physical and chemical processing that are designed as modular, multilevel devices, capable of managing the change in the composition of the leachate in time.

III.19. Nikolova, K., Angelov, A., Bratkova, S. and Genova, P. (2013). Influence of various factors on the efficiency of MFC based on the process of microbial dissimilatory sulphate-reduction, Analele Universitatii "Constantin Brancisiu" din Targu jiu 3, pp. 105-110, ISSN 1842-4856.

III.19. Николова, К., Ангелов, А., Браткова, С. и Генова, П. (2013). Влияние на различни фактори върху ефективността на MFC, базирана на процеса на микробна дисимилаторна сулфат-редукция, Analele Universitatii „Constantin Brancusi” din Targu Jiu, 3, стр. 105–110, ISSN 1842-4856.

Abstract: Microbial Fuel Cell (MFC) based on the process of microbial dissimilatory sulfate-reduction, provides the possibility of generating electricity while removing sulfates from the electrolytic solution. A MFC was constructed using Cation Exchange Membrane type CMI-7000S and graphite electrodes without addition of any toxic mediators as electron acceptors in the anode chamber, partially filled with natural zeolite. In a series of investigations the influence of basic technological parameters on the generated voltage was established in open circuit (OCV) - temperature, pH, ratio COD/SO₄ and aeration intensity in the cathodic zone. A multifactorial regression analysis based on the experimentally obtained data was made as the importance of each of the investigated factors was established.

Резюме: Микробната горивна клетка (MFC), базирана на процеса на микробна дисимилаторна сулфат-редукция, предоставя възможност за генериране на електроенергия при едновременно отстраняване на сулфати от електролитния разтвор. MFC е конструирана с катионообменна мембрана тип СМІ-7000S и графитни електроди, без добавяне на токсични медиатори като електронни акцептори в анодната камера, която е частично запълнена с природен зеолит.

В серия от изследвания беше установено влиянието на основни технологични параметри върху генерираното напрежение при отворена верига (OCV) – температура, рН, съотношение COD/SO₄ и интензивност на аерация в катодната зона. Извършен бе многофакторен регресионен анализ на база експериментално получените данни, чрез който беше определена значимостта на всеки от изследваните фактори.

III.20. Nikolova K., Angelov A., Bratkova S., Stefanova A., *Impact of different types of separators on the efficiency of a dual-chambered MFC*, Annual of the University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, Vol. 58, Part II, Mining and Mineral processing, 2015, pp. 140-143, ISSN: 1312–1820.

III.20. Николова К., Ангелов А., Браткова С., Стефанова А. *Влияние на различни видове сепаратори върху ефективността на двукамерна микробна горивна клетка*, Годишник на Минно-геоложкия университет “Св. Иван Рилски”, Том 58, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2015, pp. 140-143, ISSN: 1312–1820.

Abstract:

Microbial fuel cells are an ecofriendly modern technology for production of energy from alternative sources. They provide an opportunity of wastewater or wastes treatment with a simultaneous electricity generation. For the purposes of the present study there was designed an U-shaped two-chambered microbial fuel cell, based on the process of dissimilative microbial sulfate reduction, whereby there was no necessity of mediator addition in the anodic chamber. Graphite electrodes with equal surface areas were used and as a catholyte - a buffered solution of K₃[Fe(CN)₆] with pH 7. Numerous laboratory experiments were carried out with variants of classic salt bridges and recently preferred cation exchange membranes in order to establish the influence of the type of the separator between the two sections, the cathodic and the anodic, on the efficiency of microbial fuel cell. The electrochemical behavior of the fuel element was observed with each one of the separators designs.

Резюме: Микробните горивни клетки представляват модерна екощаща технология за добив на енергия от алтернативни източници. Те дават възможност за третиране на отпадъци или отпадъчни води едновременно с производство на електрическа енергия. За целите на настоящето изследване е конструирана е U-образна двукамерна микробна горивна клетка, базирана на процеса на дисимилативна микробна сулфат редукция, при което отпада необходимостта от добавяне на медиатор в анодната област. Използвани са графитени електроди с еднаква повърхност и буфериран разтвор на K₃[Fe(CN)₆] с рН 7 като католит. Проведени бяха редица лабораторни опити с варианти на класически солеви мостове и предпочитани напоследък катионообменни мембрани с цел установяване на влиянието на вида на сепаратора между двете секции, катодната и анодната, върху ефективността на микробната горивна клетка. Електрохимичното поведение на горивния елемент е проследено при всеки един дизайн на сепаратора.

III.21. Ivanov R., Bratkova S., Angelov A., *Analysis of the sediment microbial fuel cells operation, planted with different vegetation*, Annual of the University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, Vol. 59, Part II, Mining and Mineral processing, 2016, pp. 147-151, ISSN: 1312–1820.

III.21. Иванов Р., Браткова С., Ангелов А., *Анализ на работата на седиментни микробни горивни клетки, засадени с различна растителност*, Годишник на минно-геоложкия университет “Св. Иван Рилски”, Том 59, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2016, стр. 147-151, ISSN: 1312–1820.

Резюме: Седиментните микробни горивни клетки (СМГК) са сравнително нова технология, принципно различаваща се от класическата микробна горивна клетка, в които окисляеми въглеродни съединения и други компоненти в седимента или подобни среди се използват за производство на енергия. Растителните СМГК-и трансформират слънчевата енергия по екологично чист и ефективен начин, чрез интегриране на корените на живо растение в анодната област на седиментната микробна горивна клетка. Настоящото изследване е свързано с определяне на ефективността на СМГК-и, в които вегетира различна растителност. За целите на проучването са използвани пет седиментни микробни горивни клетки, в три от които са засадени типични водолюбивы растения (*Carex acuta*, *Carex disticha*, *Typha angustifolia*), в една е извършена инокулация със смесена култура зелени и синьозелени водорасли (*Chlorella*, *Scenedesmus*, *Oscillatoria*), а последната седиментна клетка служи за контрола. Субстратът за седиментните микробни горивни клетки е избран след предварителен анализ на електрохимичните показатели при различни съотношения почва – торф. След двумесечен период на вегетация са определени основни електрически параметри, рН, окислително-редукционен потенциал, електропроводимост, перманганатна окисляемост и концентрация на биогенни елементи във водите. Получените данни показваха, че най-добри електрохимични параметри се постигат в седиментна клетка засадена с *Carex disticha*.

ABSTRACT

Sediment microbial fuel cells (SMFC) are a relatively new technology, fundamentally different from the main microbial fuel cell, in which the oxidizable carbon compounds and other components of the sludge are used for energy production. The plant SMFCs transform the solar radiation into green electricity in a clean and efficient manner through the integration of roots of a living plant in the anodic compartment of a SMFC. This study is related to determination of the efficiency of SMFC where vegetate different plants. For the purposes of this study are used five sediment microbial fuel cells, three of which are planted with typical water plants (*Carex acuta*, *Carex disticha*, *Typha angustifolia*), one is inoculated with a mixed culture of algae (*Chlorella*, *Scenedesmus*, *Oscillatoria*) and the last sediment cell is used as a control. The substrate for sediment microbial fuel cells is selected after preliminary analysis of electrochemical parameters in different ratios soil - peat. After two months of vegetation were studied basic electrical parameters, pH, redox potential, conductivity, permanganate oxidation and concentration of nutrients into the water. From the obtained data it is found that the best electrochemical parameters are achieved in sediment cell planted with *Carex disticha*.

III.22. Nikolova K., Angelov A., Bratkova S., Genova P., *Establishment the impact of anodic type on the performance of MFC with H₂S as a mediator*, Annual of the University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, Vol. 59, Part II, Mining and Mineral processing, 2016, pp. 188-191, ISSN: 1312–1820.

III.22. Николова К., Ангелов А., Браткова С., Генова П., *Установяване на влиянието на вида на анода върху работата на МГК с медиатор сероводород*. Годишник на Минно-геоложкия университет “Св. Иван Рилски”, Том 59, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2016, стр. 188-191, ISSN: 1312–1820.

ABSTRACT

In order to establish the impact of the type of electrode in the anodic chamber of an MFC, based on microbial sulfate reduction, a series of laboratory experiments is performed with the same U-shaped design of the fuel element and identical experimental conditions. Each time the anodic surface area is the same. The cathode at the five variants is a graphite rod. It was found that the aluminium anode allows a transfer of a larger electron flow and the generation of higher maximum power density rates - more than three times higher than those obtained with the graphite. The lowest value of coulombic efficiency is that of the lead anode.

РЕЗЮМЕ

С цел установяване на влиянието на вида на електрода в анодната област на МГК, базирана на микробна сулфат редукция, е извършена серия от лабораторни опити с една и съща U-образна конструкция на горивния елемент и идентични условия за провеждане на експеримента. Площта на анода всеки път е еднаква. Катодът и при петте варианта е графитна пръчка. Установи се, че алуминиевият анод позволява трансферирането на по-голям електронен поток и генерирането на по-високи стойности на максималната плътност на мощността – над три пъти по-високи от тези, получени с графит. Най-ниската стойност на кулонова ефективност е при оловния анод.

III.23. Ivanov R., Bratkova S., Angelov A., Nikolova K., *Influence of various microbial processes in the anodic area on the effectiveness of plant sediment microbial fuel cell, Annals of the „Constantin Brancusi” University of Targu Jiu, Engineering Series, No. 3, pp. 107 – 112, 2016, ISSN: 1842-4856.*

III.23. Иванов Р., Браткова С., Ангелов А., Николова К., *Влияние на различни видове микробни процеси в анодната област върху ефективността на растителна седиментна микробна горивна клетка, Списание: Annals of the „Constantin Brancusi” University of Targu Jiu, Engineering Series, No. 3, стр. 107 – 112, 2016, ISSN: 1842-4856.*

Abstract: The plant sediment microbial fuel cells (PSMFCs) ecofriendly and efficiently transform solar radiation in electricity through the integration of live plant roots in the anodic area of sediment MFC. The bacteria in the anodic area, as the processes they perform, significantly affect the generated power of the cell. This study is related to the determination of the influence of various microbial processes in the anodic area of PSMFCs. For the purposes of this investigation are used PSMFCs, planted with *Carex acuta*. Four processes are studied (fermentation, denitrification, sulphate-reduction and ferric-reduction) and for each experiment are monitored basic electrical parameters, changes in the physical and chemical indicators of anolyte and the number of basic physiological groups of microorganisms. The best electrochemical parameters are achieved with the process of microbial sulphate-reduction.

Резюме: Растителните седиментни микробни горивни клетки (РСМГК-и) са екологични и ефективно трансформират слънчевата светлина в електричество чрез интегриране на корените на живи растения в анодната зона на седименти МГК. Процесите, които извършват бактериите в анодната зона значително влияят върху генерираната мощност на клетката. Това изследване е свързано с определянето на влиянието на различни микробни процеси в анодната област на РСМГК-и. За целите на изследването са използвани РСМГК-и, засадени с *Carex acuta*. Изследвани се четири процеса (ферментация, денитрификация, сулфат-редукция и фери-редукция), като при всеки експеримент са проследени основните електрически параметри, промените във физико-химичните показатели на анолита и броя на основните физиологични групи микроорганизми. Най-добрите електрохимични параметри се постигат при процеса микробна сулфатна-редукция.

III.24. Genova P., Angelov A., Bratkova S., Nikolova K., *Removal of nitrogen compounds from leachate from landfills for non-hazardous waste*, Annals of the „Constantin Brancusi” University of Targu Jiu, Engineering Series, No. 3, pp. 101 – 106, 2016, ISSN: 1842-4856.

Генова П., Ангелов А., Браткова С., Николова К., *Отстраняване на съединения на азота от инфилтрати от депа за неопасни отпадъци*, Списание: Annals of the „Constantin Brancusi” University of Targu Jiu, Engineering Series, No. 3, стр. 101 – 106, 2016, ISSN: 1842-4856.

Abstract: The leachate from landfills usually contains high concentrations of ammonia, organic and toxic compounds, heavy metals. Due to the synergism of various factors it is difficult to predict the quantity and composition of landfill leachates. NH_4^+ - N is basic and long-term pollutant and cause acute toxicity. The purification of leachate with high ammonia content is one of the most difficult tasks in wastewater treatment worldwide. Several laboratory tests were conducted in order to establish optimal technological parameters for the processes in a treatment plant of removal of various contaminants for leachate from landfills for non-hazardous waste. There was performed an analysis of the processes in order to their optimization through model technological solutions implemented in a laboratory. There was established the influence of different leachate quantities from landfills for non-hazardous waste in the composition of treated wastewaters into the biological stage of technological scheme with preliminary denitrification and SBRs on the removal rates of nitrogen compounds and other pollutants from waters.

Резюме: Инфилтратите от депа за неопасни отпадъци обикновено съдържат високи концентрации амониев азот, органични и токсични вещества, тежки метали. Поради синергизъм от различни фактори е трудно да се предвиди количеството и състава на инфилтратите. NH_4^+ - N е основен и дългосрочен замърсител и причинява остра токсичност. Пречистването на инфилтратите с високо съдържание на амоняк е една от най-трудните задачи при пречистването на отпадъчни води в световен мащаб. Проведени са серия лабораторни изследвания за установяване на оптимални технологични параметри на процесите в пречиствателна станция за отстраняване на различни замърсители от инфилтрат от депа за неопасни отпадъци. Извършен е анализ на процесите с цел оптимизирането им в лабораторни условия чрез моделни технологични разтвори. Установено е влиянието на различните количества инфилтрат от депа за неопасни отпадъци в състава на пречистваните отпадъчни води в биологичния етап на технологична схема с предварителна денитрификация и реактори с периодичен режим върху скоростта на отстраняване на съединения на азота и други замърсители от водите.

III.25. Георгиева Мария, Анатолий Ангелов, 2016, Приложение на микробни електролизни клетки при пречистване на отпадъчни води и биологична продукция на водород, BULCAMC 2016, стр.110-114, ISSN 1314-4537.

III.25. Georgieva, Maria, Anatoliy Angelov, 2016, Application of Microbial Electrolysis Cells in Wastewater Treatment and Biological Hydrogen Production, BULCAMC 2016, pp. 110–114, ISSN 1314-4537.

Резюме: Биологичната продукция на водород е една от възможните алтернативи за получаване на енергия чрез неконвенционален способ, на която се възлагат значителни надежди в близкото бъдеще. При една от възможните технологични реализации - микробните електролизни клетки (МЕС), добивът на водород може да бъде съпътстван с паралелно

разграждане на органичните вещества разтворени в анодната камера на клетката. По този начин тези иновативни енергийни системи предоставят възможността за пречистване на отпадъчни води от различни производства и едновременно получаване на водород. На този етап от развитието на тази технология, факторите които оказват влияние върху ефективността процеса не са напълно изучени, поради което за момента и технологичните реализации са в лабораторни условия.

Abstract: The biological production of hydrogen is one of the possible alternatives to generate energy through unconventional means, which assigned considerable hopes in the near future. In one of the possible technological implementations - microbial electrolysis cell (MEC), the yield of hydrogen can be accompanied with parallel decomposition of organic matter dissolved in the anode chamber of the cell. Thus, these innovative energy systems provide the ability for purifying wastewater from a variety of industries and simultaneous production of hydrogen. At this stage of development of this technology, factors that influence the effectiveness of the process have not been fully studied, that is why the technologies at the moment, are implemented only in laboratory conditions.

III.26. Попов Райно, Анатолий Ангелов, 2016, Контрол на процеса на механизация на утайките в градски пречиствателни станции чрез използване на универсален критерий, BULCAMC 2016, стр.115-120, ISSN 1314-4537.

III.26. Popov, Rayno, Anatoliy Angelov, 2016, Control of the Sludge Mechanization Process in Municipal Wastewater Treatment Plants Using a Universal Criterion, BULCAMC 2016, pp. 115–120, ISSN 1314-4537.

Резюме: При проведено изследване в инсталацията за биогаз на Софийската пречиствателна станция за отпадъчни води, в която се метанизират органичните утайки, отделени при пречистването на битови отпадъчни води, са установени сезонните, периодични промени на технологичните параметри. Целта на изследването е да се докаже приложимостта на метода- FOS/TAC за контрол на процеса. Непрекъснатият режим на работа, изисква бърза реакция за поддържане на технологичния режим на инсталацията. До момента в практиката се следят значителен набор от параметри (рН, алкалност, ЛМК, неразтворени вещества, органична част на неразтворените и др.), чието измерване е скъпо и отнема значително време. За разлика от другите начини за контрол, чрез метода FOS/TAC стабилността на процеса „анаеробна ферментация“ може да бъде определян сравнително лесно и непрекъснато. Резултатът е стойност, равна на отношението между два параметъра - съдържание на летливи органични киселини (FOS) и буферен капацитет (TAC). В резултат на проведените 12-месечни изследвания беше установено, че средната стойност на съотношението FOS/TAC е 0,49 и се изменя в интервала 0,34-0,70. Получените данни дават основание да се счита, че предложеният универсален критерий (FOS/TAC), може успешно да се използва за оптимизация на процеса.

Abstract: In study in the biogas plant at the Sofia wastewater treatment plant effluent, which biomethanation organic sludge resulting from the treatment of domestic sewage are established seasonal, periodic changes of technological parameters. The aim of the study is to demonstrate the feasibility of FOS/TAC-methodprocess control. Continuous operation requires a quick response to maintain the technological mode of installation. So far in practice after a significant set of parameters (pH, alkalinity, VFA, suspended solids, organic part of the suspended etc.), whose measurement is expensive and takes considerable time. Unlike other methods of control by the method FOS/TAC stability of the „anaerobic fermentation“ can be determined relatively easily and continuously. The result is a value equal to the ratio between the two parameters - volatile organic acids (FOS) and buffer capacity (TAC). As a result of 12-month studies, it was found that the average ratio FOS/TAC

is 0.49 and vary in the range from 0.34 to 0.70. The resulting data give reason to believe that the proposed universal criterion (FOS/TAC), can be successfully used for process optimization.

III.27. Nikolov Ivan, Alexandre Loukanov, Anatoly Angelov, (2016), Application of carbon quantum dots for dye-sensitized solar cells, *Annual of the University of mining and geology "St. Ivan Rilski"*, Mining and Mineral processing, 2016, pp. 156-159, ISSN 1312-1820.

III.27. Николов Иван, Александър Луканов, Анатолий Ангелов (2016), Приложение на въглеродни квантови точки за фото-чувствителни слънчеви клетки, *Annual of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski"*, Направление „Минно дело и обогатяване на полезни изкопаеми“, 2016, стр. 156–159, ISSN 1312-1820.

Abstract: The emergence of quantum dot-sensitized solar cells (QDSSCs) has provided an alternative way to harvest sunlight for energy conversion. Efficiency of a QDSSC depends on the fabrication method of the quantum dots, morphology of the photoanode, type of electrolyte used and the choice of the counter electrode. It is therefore, imperative for engineering of materials and optimization of the fabrication method for the improvement of QDSSCs performance. As a new class of fluorescent carbon nanomaterials, carbon quantum dots (CQDs) possess the attractive properties of high stability, good conductivity, low toxicity, environmental friendliness, simple synthetic routes as well as comparable optical properties to quantum dots. CQDs can be used as photosensitizer in dye-sensitized solar cells and the photoelectric conversion efficiency is significantly enhanced. A novel synergistic photosensitized mechanism is proposed for the obtained hybrid CQDs /TiO₂ energy conversion system. It is based on a design of new generation C-dots with higher corrosion stability, charge transportation and controlled photocatalytic properties for oxygen reduction reaction, especially in terms of band gap energy, chemical composition and surface modification. The advantages of C-dots as a promising alternative of the expensive and unsustainable Ru-complex sensitizers are enhanced power conversion efficiency, good photoinduced electron transfer ability, environmental friendliness and lower cost of fabrication. This is a new direction for improving the efficiency of solar cells.

Резюме: Появата на квантова точка-чувствителни слънчеви клетки (QDSSCs) е осигурило алтернативен начин за улавяне на слънчевата светлина и преобразуването и в енергия. Ефективността на QDSSC зависи от метода на производство на квантови точки, морфология на фотоанода, типа на използвания електролит и изборът на обратния електрод. Това е наложило инженеринг на материали и оптимизация на метода на производство за подобряване на производителността на QDSSCs. Като нов клас от флуоресцентни въглеродни наноматериали, въглероден квантови точки (CQDs) притежават атрактивни свойства на висока стабилност, добра проводимост, ниска токсичност, грижата за околната среда, прости начини за синтез, както и съпоставими с оптичните свойства на квантовите точки. CQDs могат да бъдат използвани като фоточувствителни елементи в бои-чувствителни слънчеви клетки и фотоелектрическата им ефективност на преобразуване е значително подобрена. Фоточувствителен механизъм е предложен за получаване на хибридна CQDs / TiO₂ система за преобразуване на енергия. Тя се основава на дизайна на новото поколение C-точки с висока стабилност на корозия, такса транспорт и контролирани фотокаталитичните за редуция на кислород, особено от гледна точка на лента празнина енергия, химичен състав и за промяна на повърхността. Предимствата на C-точки като обещаваща алтернатива на скъпите и неустойчиви Ru-сложни сенсibiliзатори са подобрени енергийна ефективност преобразуване, добър електронен трансфер, грижата за околната среда и по-ниски разходи на производство. Това е нова посока за подобряване на ефективността на соларните клетки.

III.28. Mladenova Polina, Alexandre Loukanov, Anatoliy Angelov, 2016, Highly-luminescent carbon nanoparticles as sensors for monitoring of heavy metals, Annual of the University of mining and geology “St. Ivan Rilski”, Mining and Mineral processing, 2016, pp. 156-159, ISSN 1312-1820.

Abstract: Here we develop highly-luminescent carbon nanoparticles as sensor for monitoring of heavy metals in aqueous solutions in microscopic scale objects. The sensor systems possess selectivity and sensitivity towards the detection of some biologically important metal ions as Fe³⁺, Zn²⁺, Ni²⁺ and etc. To achieve this goal the nanoparticles were synthesized by microwave assisted pyrolysis. Their quantum yield is over 50 % and with blue photoluminescence peak at 450 nm wavelength. The nanoparticles at fixed concentration were tested on various soluble metal ions. For first time the observed chemically induced fluorescence was detected by fluorescence microscope and CCD camera. Thus it is enables to measure the generated signal in microscopic objects by software Imaged. The results revealed that the surface of carbon nanoparticles exhibit high sensor affinity to pH of sample solution and some dissolved ions.

Резюме: В този доклад са разработени високо луминисцентни въглеродни наночастици, като сензори за мониторинг на тежки метали във водни разтвори в микроскопични по размер обекти. Сензорните системи притежават селективност и чувствителност при детекцията на някои биологично важни метални йони, като Fe³⁺, Zn²⁺, Ni²⁺ и др. За да се постигне тази цел наночастиците бяха синтезирани чрез микровълнова пиролиза. Техният квантов добив е над 50 % и пика на тяхната синя луминисценция е с дължина на вълната 450 nm. Наночастиците при фиксирана концентрация бяха тествани с различни разтворими метални йони. За първи път наблюдаваната химическа индуцирана флуоресценция беше детектирана чрез флуоресцентен микроскоп и CCD камера. По този начин се дава възможност за измерване на генерирания сигнал в микроскопични обекти чрез софтуера Imaged. Резултатите показват, че повърхността на наночастиците проявява висок сензорен афинитет към рН на пробата и някои разтворени йони.

III.29. Popov Rayno, Anatoliy Angelov.,(2016), Application of the correlation method for estimation of the biomethanation of sludge in municipal wastewater treatment plants, Annals of the „Constantin Brancusi” University of Targu Jiu, Engineering Series , No. 3/2016, pp.101-106., print ISSN: 1842-4856, Online ISSN: 2537-530X

III.29. Попов Райно, Анатолий Ангелов (2016), Приложение на корелационния метод за оценка на биометанизацията на утайки в градски пречиствателни станции за отпадъчни води, Annals of the „Constantin Brancusi” University of Targu Jiu, Engineering Series, No. 3/2016, стр. 101–106, print ISSN: 1842-4856, Online ISSN: 2537-530X

Abstract: Studies conducted in the biogas installation of the Sofia wastewater treatment plant for waste water have proven the feasibility of the correlation analysis to establish correlations with regard to different target functions and technological parameters of the process biomethanation. Data has been obtained about the input and output indicators of sludge at different values of the technological parameters. Using the correlation method, the direction of the relationship (positive or negative) has been defined, the dependence (forward or reverse) has been determined and the values of correlation coefficients have been established. Two target functions have been selected, namely production of biogas and degree of mineralization, and the dependence of the remaining indicators has been established with regard to these two target parameters. The results confirm the already known from international experience factors which influence the anaerobic digestion process. This gives reason to believe that the correlation analysis can be successfully used for studies of processes in plants producing biogas from liquid organic sludge.

Резюме: Проведените изследвания в биогазовата инсталация на Софийската пречиствателна станция за отпадъчни води доказват приложимостта на корелационния анализ за установяване на зависимости между различни целеви функции и технологични параметри на процеса на биометанизация. Получени са данни за входните и изходните показатели на утайките при различни стойности на технологичните параметри. Чрез корелационния метод е определена посоката на връзката (положителна или отрицателна), установен е характерът на зависимостта (пряка или обратна) и са изчислени стойностите на корелационните коефициенти. Избрани са две целеви функции – производството на биогаз и степента на минерализация – и е определена зависимостта на останалите показатели спрямо тези два целеви параметъра. Получените резултати потвърждават вече известните от международната практика фактори, влияещи върху процеса на анаеробно разграждане. Това дава основание да се счита, че корелационният анализ може успешно да се прилага при изследване на процеси в инсталации за производство на биогаз от течни органични утайки.

III.30. Табаков Б., Браткова С., Ангелов А., Колев Е., *Миннодобивната дейност в средногорието и влиянието ѝ върху качеството на повърхностните води в поречието на р. Тополница*, Втора национална научно-техническа конференция „Минералните ресурси и устойчивото развитие, 23 ноември 2016, Сборник с доклади, стр. 150 – 158.

Tabakov B., Bratkova S., Angelov A., Kolev E., Denev, *Mining activity in the region of Srednogorie and its influence on the quality of surface water along the Topolnitsa River. Second national scientific and technical conference "Mineral resources and sustainable development, 23 November 2016, pp. 150 – 158.*

Резюме: Основните принципи на националната политика и стратегия за подземните богатства и устойчиво развитие на българските рудодобив и рудопреработка са заложили в Националната стратегия за развитие на минната индустрия. Изграждането на ясна и научно обоснована стратегия за проучването на изоставени минни изработки и стари замърсявания е наложително с цел достигането на поставената цел за „добро качество на водите в Европа“, заложила в Рамковата директива за водите (РДВ). Поради значителните финансови ресурси необходими за изпълнение на такова всеобхватно проучване е необходим интегриран подход на финансиране на подобен проекти, обхващащи държавата с прилежащите ѝ структури и общините, засегнати собственици, концесионери или оператори, както и други източници. В настоящото изследване е направен преглед на състоянието на повърхностните води в поречието на р. Тополница, разгледани са възможните източници на замърсяване, свързани с минно-добивната индустрия в района на р. Тополница и е предложен съвременен подход за решаване на екологичните проблеми свързан с управление на водните потоци в района на рудник „Медет“.

Abstract: The main principles of the national policy and strategy for underground resources and sustainable development of Bulgarian mining and ore processing are laid down in the National Strategy for the Development of the Mining Industry. Building a clear and science-based strategy for the exploration of abandoned mine workings and old pollution is imperative in order to achieve the objective of "good water quality in Europe" set out in the Water Framework Directive (WFD). Due to the significant financial resources required to carry out such a comprehensive study, an integrated approach of financing such projects is necessary, covering the state with its adjacent structures and municipalities, affected owners, concessionaires or operators, as well as other sources. In the present study, an overview of the state of the surface waters in the Topolnitsa River basin was made, the possible sources of pollution related to the mining industry in the Topolnitsa River region were considered and a modern approach to solving the environmental problems related to the management of water flows in the area of the "Medet" mine is proposed.

III.31. Genova, P., Bratkova, S., Angelov, A., Nikolova, K., Ivanov, R. (2017). Influence of concentrations of ammonium ion and activated sludge in sequencing batch reactors on the rate of nitrogen removal, *The international journal Sustainable development*, Year VII, Volume 2/2017, pp. 58-63, ISSN 1314-4138 (print), ISSN 2367-5454 (online)

III.31. Генова, П., Браткова, С., Ангелов, А., Николова, К., Иванов, Р. (2017). Влияние на концентрациите на амониевия йон и активната утайка в секвениращи партидни реактори върху скоростта на отстраняване на азот, *The International Journal Sustainable Development*, Година VII, Том 2/2017, стр. 58–63, ISSN 1314-4138 (print), ISSN 2367-5454 (online).

Abstract: There was conducted a study under laboratory conditions about the removal of nitrogen from semisynthetic wastewaters with different ammonium nitrogen concentrations (50, 100 and 130 mg NH₄⁺-N/l) using a reactor for denitrification and two sequencing batch reactors (SBRs) with liquidphase circulation. The reactor for denitrification was filled with zeolite, used as a carrier for bio film of denitrifying bacteria. The concentrations of the activated sludge in the SBRs varied between 2.4-2.5 and 5.0-5.1 g/l. The laboratory analyses of the activated sludge comprised determination of sludge concentration, sedimentation rate and sludge volume index (SVI). The nitrogen removal was significantly higher (87.5 %) when there was used a bigger quantity of activated sludge (5.0-5.1 g/l), while the nitrogen removal with sludge concentration of 2.4-2.5 g/l was 73.5 %. The removal of nitrogen at an initial concentration in influent of 50 mg NH₄⁺-N/l was 98.09 %, while at an initial concentration of 100 mg NH₄⁺-N/l the rate of nitrogen removal was only 90.42 %.

Резюме: В лабораторни условия бяха проведени изследвания за отстраняване на азот в концентрации 50 100 и 130 mgNH₄⁺-N/l от полусинтетични отпадъчни води посредством реактора за денит- рификация и два реактора с периодично действие (SBRs) с рецикулация. Анаеробният био- реактор бе запълнен със зеолит, използван като носител за формиране на биофилм от денит- рифициращи бактерии. Концентрацията на активната утайка в реакторите с периодично действие варираше между 2.4-2.5 и 5.0-5.1 g/l. Лабораторните анализи на активната утайка включваха определяне на концентрацията на утайката, скорост на утаяване и индекс на утайката. Установи се значително по-висока степен на отстраняване на азот (87.5%) при концентрация на активна утайка 5.0-5.1 g/l и 73.5% при концентрация на утайката 2.4-2.5 g/l. Отстраняването на азот в начална концентрация 50 mg NH₄⁺-N/l във входящите води достигна до 98.09%, докато при концентрация 100 mg NH₄⁺-N/l степента на отстраняване на азота е 90,42%.

III.32. Ivanov R., Bratkova S., Angelov A., *Analysis of the efficiency of microbial fuel cells based on sulfate-reduction process, integrated in anaerobic wetlands*, Annuaire de l'Université de Sofia "St. Kliment Ohridski" Faculte de Biologie, 2017, Vol. 102, 4, стр. 248-260.

III.32. Иванов Р., Браткова С., Ангелов А., *Анализ на ефективността на микробна горивна клетка, базирана на процеса сулфат-редукция, интегрирана в анаеробна влажна зона*, Годишник на СУ „Св. Климент Охридски“ Биологически факултет, 2017, Том 102, Св. 4, стр. 248-260.

Abstract: Microbial fuel cells (MFCs) are systems in which microorganisms, using various energy sources (mainly organic compounds, but also inorganic substrates such as hydrogen sulfide, ferrous or ammonium ions) convert this energy directly into electricity. This process is accomplished as the electrons that are detached from the donor at its oxidation are transferred to an insoluble anode of the fuel cell instead to the relevant natural acceptor (oxygen, sulfates, ferric ions, nitrates). In MFCs

based on microbial sulfate-reduction process, the electricity generation is related to the reduction of sulfates to hydrogen sulfide, which plays the role of a mediator and on the anodic surface it is oxidized to elemental sulfur. In most cases, at the continuous operational mode of the microbial fuel cell, the elemental sulfur is accumulated on the surface of the electrode or in the area around it and this leads to deterioration of the electrochemical characteristics of the cell. In this work three MFCs based on the process of microbial sulfate-reduction were tested for a period of over 18 months, as they were integrated in anaerobic wetlands for mining wastewater treatment. The influence of the formed microbial biofilm consisting of diverse microflora and products of the microbial metabolism and of chemical and electrochemical reactions (insoluble sulfides and elemental sulfur) on the efficiency of various components of MFCs was established.

Резюме: Микробните горивни клетки (МГК) са системи, в които микроорганизмите, използвайки различни източници на енергия (главно органични съединения, но също и неорганични субстрати като сероводород, феро- или амониеви йони) преобразуват тази енергия директно в електричество. Този процес се осъществява като електроните, които се отделят от донора при неговото окисление, се прехвърлят към неразтворим анод на горивната клетка вместо към съответния естествен акцептор (кислород, сулфати, ферийони, нитрати). В МГК, базирани на микробна сулфат-редукция, генерирането на електроенергия е свързано с редуцирането на сулфатите до сероводород, който играе ролята на медиатор и се окислява на анодната повърхност до елементарна сяра. В повечето случаи при продължителен режим на работа на микробната горивна клетка елементарната сяра се натрупва върху повърхността на електрода или в зоната около него и това води до влошаване на електрохимичните характеристики на клетката. В това изследване три МГК, базирани на процеса на редукция на сулфати, са интегрирани в анаеробни влажни зони за пречистване на минни отпадъчни води и тествани за период от над 18 месеца. Установено е влиянието на формирания микробен биофилм, състоящ се от разнообразна микрофлора, продукти от микробния метаболизъм и продукти от химични и електрохимични реакции (неразтворими сулфиди и елементарна сяра) върху ефективността на различните компоненти на МГК-и.

III.33. Polina Mladenova, Hibiki Udono, Anatoliy Angelov, Aleksandre Loukanov., (2017), Carbon nanodots coated with oligonucleotides as fluorescent hybridization probes for DNA microarray, Journal of Mining and Geological Sciences, Vol. 60, Part II, Mining, Technology and Mineral Processing, 2017, pp 143-147.

III.33. Полина Младенова, Хибики Удоно, Анатолий Ангелов, Александър Луканов (2017), Въглеродни наноточки, покрити с олигонуклеотиди, като флуоресцентни хибридизационни сонди за ДНК микрочипове, Journal of Mining and Geological Sciences, Том 60, Част II, „Минно дело, технологии и обогатяване на полезни изкопаеми“, 2017, стр. 143–147.

Abstract: In this article we report an easy preparation of single stranded oligonucleotides conjugated to highly-fluorescent carbon quantum dots as efficient hybridization probes for DNA microarray. These nanotools enable fast detection and quantification of nucleic acid molecules. The main advantage of carbon nanodots (C-dots) over conventional organic dyes is their photobleaching resistance, which improves the signal intensity and thus lower amount of DNA material can be detected. In addition, the surface passivation of C-dots with ethylenediamine leads to the enhancement of their quantum yield and photoluminescence intensity, which is of great importance because, for many bioassays, the genetic amount is extremely limited. In the current report, nitrogen-dotted C-dots were used as effective nanoquencher agents for fluorescent hybridization DNA microarray. Their bio-compatibility and stability make them promising fluorescent probes or DNA markers for bio-labeling and bio-imaging applications.

Резюме: В настоящия доклад е представено приготвянето на едновиржни олигонуклеотиди конюгирани към високо-флуоресцентни въглеродни квантови точки, като ефикасни хибридизационни сонди за ДНК микрочипове. Тези нано-инструменти позволяват бързо откриване и количествено определяне на нуклеинови киселини. Основното предимство на въглеродните квантови точки (C-dots) спрямо конвенционалните органични багрила е тяхната устойчивост към фото-избелване, което подобрява интензитета на сигнала и по този начин може да се детектира по-малки количества ДНК материал. В допълнение, повърхностното пасивиране на C-dots с етилендиамин води до повишаване на квантовия им добив и респективно интензитета на фотолуминесценция, което е от голямо значение, тъй като за много биологични анализи генетичното количество е изключително ограничено. В представения доклад въглеродните точки дотирани с азот са използвани, като ефективни нано агенти за загасване на флуоресценцията при хибридизационните ДНК микрочипове. Тяхната био-съвместимост и стабилност ги прави обещаващи флуоресцентни сонди или ДНК за приложения, като био-маркиране и био-изобразяване.

III.34. Браткова С., Ангелов А., Генова П., Савов П., Колев Н., Величкова К., Изследвания върху аерозолното замърсяване на почвите в района на хвостохранилище „Медет“, Минно дело и геология, Том 8-9, 2017, стр. 59-64, ISSN 0861-5713.

Bratkova S., Angelov A., Genova P., Savov P., Kolev N., Velichkova K., *Studies on aerosol pollution of soils in the region of Medet TMF*, Journal "Mining and Geology", Vol. 8-9, 2017, pp. 59-64, ISSN 0861-5713.

Резюме: В това изследване са представени резултати, свързани с влиянието на топографията на района на хвостохранилище „Медет“ и на някои метеорологични параметри върху пространственото и времево разпределение на фините прахови частици. Разгледан и дискутиран е комбинираният ефект на местоположението, посоката и скоростта на вятъра върху стратификацията на аерозола в атмосферата на изследвания район. Установена е корелация между динамиката на аерозола в атмосферата и замърсяването на почвите в района на хвостохранилище „Медет“. Най-силно замърсени с мед са почвите, разположени в североизточната част на хвостохранилището.

Abstract: In this study are presented results related to the influence of the topography of the Medet TMF and some meteorological parameters on the spatial and temporal distribution of fine particulate matter. The combined effect of the location, direction and speed of wind on the stratification of the aerosol in the atmosphere of the studied area was examined and discussed. A correlation between atmospheric aerosol dynamics and soil contamination in the Medet TMF was established. The most highly contaminated with copper are soils located in the northeast of the TMF.

III.35. Bratkova S., Ivanov R., Gerginova M., Peneva N., Angelov A., Alexieva Z., *Rhizosphere microflora of sediment plant microbial fuel cells*, BioMicroWorld 2017 VII International Conference on Environmental, Industrial and Applied Microbiology, Madrid, Spain, 18-20 October, Exploring Microorganisms: Recent Advances in Applied Microbiology, 2018, pp. 40-43.

III.35. Браткова С., Иванов Р., Гергинова М., Пенева Н., Ангелов А., Алексиева З., *Ризосферна микрофлора на растителна седиментна микробна горивна клетка*, . BioMicroWorld 2017, VII Международна конференция по екологична, промишлена и

Abstract: A plant sediment microbial fuel cell (PSMFC) has been used in the present work. The cell is planted with *Carex acuta*. The anode is located in a soil layer near the roots of the plant. The cathode is located in the surface water layer, rich in oxygen. The bacteria in the cathodic and anodic areas play an important role for the higher cell efficiency. Bacterial cultures isolated from the anodic and cathodic areas are identified by 16S rDNA sequencing. The presence of *Bacillus* and *Pseudomonas* genera are found in the anodic area whereas *Pseudomonas*, *Sphingomonas*, *Burkholderia* and *Rhizobium* - in the cathodic area. After a vegetation period of two months are determined basic electrical parameters, pH, Red-Ox potential, electrical conductivity, permanganate oxidation and nutrients' concentration in the water (phosphates, nitrates and ammonium nitrogen). The solution ionic strength is studied in two stages after adding nutrients in the form of KH_2PO_4 , KNO_3 and $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ in increased concentrations. It is found that after the utilization and the reduction in the concentrations of nitrogen and phosphorus sources, the open circuit voltage increases from 625 to 801 mV and the maximum power density - from 7.29 to 7.97 mW/m².

Резюме: В настоящата работа е изследвана растителна седиментна микробна горивна клетка. Клетката е засадена с *Carex acuta*. Анодът е локализиран в почвения слой в непосредствена близост до корените на растението. Катодът е разположен в повърхностния слой, богат на кислород. Бактериите в катодната и анодната зона играят важна роля в повишаването на ефективността на клетката. Микробни култури, изолирани от анодната и катодната област са идентифицирани чрез 16S rDNA секвениране. В анодната зона е установено присъствието на родовете *Bacillus* и *Pseudomonas*, докато в катодната зона – на родовете *Pseudomonas*, *Sphingomonas*, *Burkholderia* и *Rhizobium*. След двумесечен период на вегетация са определени основните електрически параметри, pH, окислително-редукционния потенциал, електрическата проводимост, перманганатната окисляемост и концентрацията на хранителни вещества във водата (фосфати, нитрати и амониев азот). Влиянието на йонната сила на разтвора е изследвана в два етапа, след добавяне на хранителни вещества под формата на KH_2PO_4 , KNO_3 и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в нарастващи концентрации. Установено е, че след асимилацията и намаляването на концентрациите на източниците на азота и фосфора, напрежението при отворена верига нараства от 625 на 801 mV, а максималната плътност на мощността - от 7,29 на 7,97 mW/m².

III.36. Nikolov, I., Loukanov, A., Ustinovich, E., Angelov, A., & Nakabayashi, S. (2018). Iron doped carbon nanodots as efficient electrocatalysts. *Journal of Mining and Geological Sciences*, 61(Part II: Mining, Technology and Mineral Processing), 123–126. ISSN 2535-1184.

III.36. Николов, И., Луканов, А., Устинович, Е., Ангелов, А. и Накабаяши, С. (2018). Въглеродни наноточки, легирани с желязо, като ефективни електрокатализатори. *Journal of Mining and Geological Sciences*, 61 (Част II: Минно дело, технологии и преработка на минерали), 123–126. ISSN 2535-1184.

Abstract: Carbon nanodots (C-dots) doped with iron cations were synthesized as efficient electrocatalysts for oxygen reduction reaction. For that purpose the nanoparticles were immobilized on a graphite rods used as a working electrode. The ultra small iron-doted carbon nanodots produced a substantial reduction peak at -0.18 V in acidic media indicating that the oxygen was reduced at the modified electrode. In conclusion, we consider that iron-doted C-dots are a promising candidate as an alternative to the platinum based catalysts for fuel cells applications.

Резюме: Въглеродните наноточки (C-dots) дотирани с железни катиони бяха синтезирани, като ефикасни електрокатализатори за редукция на кислород. За тази цел наночастиците бяха имобилизирани върху графитни пръчки, използвани, като работен електрод. Ултрамалките въглеродни наноточки, дотирани с железни йони произвеждат значителен редукиционен пик при -0.18 V в киселинна среда, което показва, че кислорода се редуцира на модифицирания електрод. В заключение, считаме че тези наночастици са обещаващ кандидат, като алтернатива на катодните катализатори, базирани на платината за приложения в горивни клетки.

III.37. Stefanova A., Angelov A., Bratkova S., Genova P., Nikolova K., *Influence of electrical conductivity and temperature in a microbial fuel cell for treatment of mining waste water, Annals of the „Constantin Brancusi” University of Targu, Engineering Series, No. 3, 2018 pp. 18-24, ISSN: 1842-4856.*

Стефанова А., Ангелов А., Браткова С., Генова П., Николова К., *Влияние на електрическата проводимост и температурата върху микробна горивна клетка за третиране на минни отпадъчни води, Списание: Annals of the „Constantin Brancusi” University of Targu, Engineering Series, No. 3, 2018 стр. 18-24, ISSN: 1842-4856.*

Abstract: The influence of electrical conductivity and temperature on the efficiency of MFC with a basic microbial process in the anode zone - microbial sulphate reduction has been determined. A technological scheme of a laboratory installation has been synthesized allowing permanent control and management of basic process parameters - pH, electrical conductivity, temperature and OCV. The studies have been carried out at the optimal values of OCV, power density and current density for four different conductivity values and temperature under abiotic conditions in the anode zone of the fuel element and a comparison has been made with the biological process of the microbial sulphate reduction. On the basis of LabView® has been offered a possibility of measuring different electrochemical parameters of the MFC that determine its efficiency. The results obtained will be used to optimize the work of MFC based on the microbial sulphate reduction process to treat wastewaters with high content of sulphates.

Резюме: Определено е влиянието на електрическата проводимост и температурата върху ефективността на МГК, базирана в анодната област на процеса микробна сулфат-редукция. Дизайнът на технологичната схема на лабораторната инсталация позволява непрекъснат контрол и управление на основните параметри на процеса – рН, електрическа проводимост, температура и напрежение на отворена верига (OCV). Изследванията са проведени при оптимални стойности на OCV, плътност на мощността и плътност на тока за четири различни стойности на електропроводимост и температура при абиотични условия в анодната зона на горивния елемент и е направено сравнение с данните при протичане на микробна сулфат-редукция. На базата на LabView® е предложена възможност за измерване на различни електрохимични параметри, които определят ефективността на МГК. Получените резултати ще бъдат използвани за оптимизиране на работата на МГК, базирана на процеса микробна сулфат-редукция за пречистване на отпадъчни води с високо съдържание на сулфати.

III.38 Nikolov, I., Loukanov, A., Ustinovich, E., Angelov, A., & Nakabayashi, S. (2018). Catalytic carbon nanodots for oxygen reduction reaction. *Journal of Mining and Geological Sciences*, 61(Part I, Geology and Geophysics), 69–72. ISSN 2535-1176.

III.38 Николов, И., Луканов, А., Устинович, Е., Ангелов, А. и Накабаяши, С. (2018). Каталитични въглеродни наноточки за реакция на редукция на кислород. *Journal of Mining and Geological Sciences*, 61 (част I, Геология и геофизика), 69–72. ISSN 2535-1176.

Abstract: This report provides a new perspective for practical application of the electronics properties of carbon nanodots as an electrocatalytic layer on the graphite working electrode. For that purpose, ultra-small nitrogen doped carbon nanodots (C-dots) with average diameter between 1.5-2 nm were synthesized by microwave assisted pyrolysis and after that were immobilized chemically onto the graphite surface of the electrode. As environmentally friendly electrocatalyst for oxygen reduction reaction (ORR) our data show that the bare C-dots alone are not able to form stable electrocatalytic film for ORR because of their high water solubility. However, the chemically conjugated nanoparticles exhibit ORR electrocatalytic activity in acid or basic media. These properties open a new range for practical application in the field of ecotechnology and environmental protection.

Резюме: Тази статия предоставя нова перспектива за практическо приложение на електричните свойства на въглеродни наноточки, като електрокаталитичен слой върху графитен работен електрод. За тази цел ултра малки азот-съдържащи въглеродните наноточки (C-dots) със среден диаметър между 1.5-2 nm бяха синтезирани, чрез микровълнова асистирана пиролиза и след това бяха химически имобилизирани върху графитената повърхност на електрода. Като екологосъвместими катализатори за редукция на кислород (ORR) получените данни показват, че C-dots не са в състояние сами по себе си да образуват стабилен електрокаталитичен филм за ORR, поради тяхната висока разтворимост във водни разтвори. Въпреки това, химически конюгираните наночастици проявяват ORR електрокаталитична активност в кисела или основна среда. Тези свойства откриват нови възможности за тяхното практическо приложение в областта на екотехнологията и опазването на околната среда.

III.39 Ivanov, R., Stefanova, A., & Angelov, A. (2019). *Treatment of water contaminated by petroleum products through constructed wetlands with integrated plant sediment microbial fuel cells. Journal of Mining and Geological Sciences*, 62(2), 139–142. ISSN 2682-9525 (print), ISSN 2683-0027 (online).

III.39 Иванов, Р., Стефанова, А. и Ангелов, А. (2019). Третиране на води, замърсени с нефтопродукти, чрез изкуствени влажни зони с интегрирани микробни горивни клетки от растителни седименти. *Journal of Mining and Geological Sciences*, 62(2), 139–142. ISSN 2682-9525 (печатно издание), ISSN 2683-0027 (онлайн).

Abstract: Oil exploration and exploitation activities contribute to global economic growth but often lead to pollution of the environment by oil and petroleum products. Constructed wetlands are cheap, environmentally friendly and use biological processes based on photosynthesis process for treatment oil-contaminated waters. Integration of Plant Sediment Microbial Fuel Cells (PSMFC) into them allows the generation of energy in parallel to water treatment. The purpose of this study is to identify the treatment capacity of five variants of PSMFC planted with different vegetation (*Typha latifolia*, *Phragmites*, *Spartina*, mixed marsh vegetation and cell without vegetation). A solution containing crude oil at a concentration of 100 mg/l is delivered to the PSMFC with a horizontal surface flow and a hydraulic retention time of 14 days. From the chemical analyses performed, the highest treatment level was established in PSMFC 4 planted with *Spartina* and inoculated with mixed culture oil-oxidising bacteria. At the end of the experiment the concentration of pollutant dropped to 0.052 mg/l. The same showed the best electrical parameters during the experiment. The power density reached 11.56 mW/m² at a current density of 27.16 mA/m² and applied resistance of 300 Ω. The open circuit voltage ranged from 900 to 1100 mV. The results obtained show good prospects for application

of plant sediment microbial cells in the passive treatment of waters polluted with crude oil and petroleum products.

Резюме: Дейностите по проучване и експлоатация на нефтени находища допринасят за икономически растеж в световен мащаб, но често това води и до замърсяване на околната среда с нефт и нефтопродукти. Конструираниите влажни зони са евтини, екологично чисти и използват биологични процеси, базирани на процеса фотосинтеза за пречистване на замърсени с нефт води. Интегрирането на растителни седиментни микробни клетки (РСМГК) в тях позволява генерирането на енергия при паралелно пречистване на водите. Целта на настоящото изследване е да се установи пречиствателната способност на пет варианта РСМГК, засадени с различна растителност (Typha latifolia, Phragmites, Spartina, смесена блатна растителност и клетка без растителност) Към РСМГК е подаван разтвор съдържащ нефт в концентрация 100 mg/l, при хоризонтален повърхностен поток и контактно време 14 дни. От направените химични анализи се установи най-висока степен на пречистване при РСМГК 4 засадена с блатна трева и инокулирана със смесена култура нефт-окисляващи бактерии. В края на експеримента концентрацията на замърсителя спадна до 0,052 mg/l. Същата показва и най-добри електрически параметри по време на експеримента. Плътността на мощността достигна до 11,56 mW/m² при плътност на тока 27,15 mA/m² и приложено съпротивление 300 Ω. Напрежението при отворена верига се движеше в границите 900 - 1100 mV. Получените резултати показват добри перспективи за приложение на растителните седиментни микробни клетки при пасивно пречистване на води, замърсени с нефт и нефтопродукти.

III.40 Angelov, A., Stefanova, A., Nikolova, K. (2019). Regression analysis of factors affecting microbial fuel cell efficiency, Journal of Mining and Geological Sciences, Volume 62/Number 2/2019, pp. 115-118, ISSN 2682-9525 (print), ISSN 2683-0027(online)

III.40. Ангелов, А., Стефанова, А., Николова, К. (2019). Регресионен анализ на факторите, оказващи влияние върху ефективността на микробна горивна клетка, Journal of Mining and Geological Sciences, том 62/брой 2/2019, стр. 115-118, ISSN 2682-9525 (печатно издание), ISSN 2683-0027 (онлайн)

Abstract: In a laboratory installation of a Microbial Fuel Cell (MFC), based on the process of microbial sulphate reduction in the anodic chamber of the cell, the factors influencing the efficiency of the fuel element have been investigated. Under the conditions of a planned laboratory experiment, the temperature, pH, H₂S and sulphate concentration in the anodic chamber, and the dissolved oxygen content in the cathodic chamber of MFC have been varied. Meanwhile, the Open Circuit Voltage (OCV) and the maximum values of power in MFC are measured as possible target functions. A multifactorial regression analysis has been performed with respect to the selected independent parameters and the target function. A mathematical model of the target function has been obtained from the selected independent variables that can be used to optimise the operation of a microbial fuel cell based on the microbial sulphate reduction process.

Резюме: В лабораторна инсталация на микробна горивна клетка (МГК), базирана в анодната зона на процеса на МСР, са изследвани факторите, оказващи влияние върху ефективността на горивния елемент. При условията на планиран лабораторен експеримент са варирани стойностите на температурата, рН, концентрация на H₂S и сулфати в анодната зона и съдържанието на разтворен кислород в катодната зона на МГК. Паралелно са измервани като възможни целеви функции - напрежението на отворена верига (OCV) и максималната стойност на мощността на микробната горивна клетка. Направен е многофакторен регресионен анализ по отношение на избраните независими параметри и целевата функция. Получен е математически модел на целевата функция от подбраните независими променливи,

който може да се използва за оптимизация на работата на микробна горивна клетка, базирана на процеса на микробна сулфатредукция.

III.41 Anatoliy Angelov, Evgeni Kraichev, Marta Lecheva and Sotir Plochev, (2019) Volumetric coefficient of oxygen mass transfer analysis in column photobioreactor, Journal of Mining and Geological Sciences, Vol 62, Part II, Mining, Technology and Mineral processing, (2019), pp.119–123, ISSN 2682-9525 (print), ISSN 2683-0027 (online).

III.41 Анатолий Ангелов, Евгени Крайчев, Марта Лечева и Сотир Плочев, (2019), Анализ на обемния коефициент на масопренос на кислород в колонен фотобиореактор, Journal of Mining and Geological Sciences, том 62, част II, Минно дело, технологии и преработка на минерали, (2019), стр. 119–123, ISSN 2682-9525 (печатно издание), ISSN 2683-0027 (онлайн).

Abstract: The oxygen mass transfer speed, as one of the technological factors influencing the growth and development of the phototrophic microorganisms (microalgae), was researched in a column type photobioreactor. A series of experiments under different aeration conditions were performed where the corresponding oxygen mass transfer coefficient values (KLa) were measured. The dynamics of basic technological parameters: temperature, pH, electrical conductivity etc. in parallel with the dissolved oxygen concentration were monitored. The oxygen mass transfer coefficient value influence during the different photosynthesis phases, as well as during the various phototrophic microorganisms' cultivation stages, was determined.

Резюме: В колонен тип фотобиореактор е изследвана скоростта на масопренасяне на кислорода, като един от технологичните фактори оказващи влияние върху растежа и развитието на фототрофните микроорганизми (алги). Направени са серия от експерименти при различни условия на аерация, за които са измерени съответните стойности на коефициента на масопренасяне по кислород (K_{La}). Проследена е динамиката на основни технологични параметри: температура, рН, електропроводимост и др., паралелно с концентрацията на разтворен кислород. Установено е влиянието върху стойността на коефициента на масопредаване по кислород (K_{La}), както през различните фази на фотосинтезата, така и през различните етапи от култивирането на фототрофните микроорганизми.

III.42. Bratkova S., Angelov A., Zheleva E., Todorova E., Stamenov S., Kozhuharov E., Delov P., Valova E., Vasilev Z., A multi-disciplinary approach to rehabilitation of historically disturbed lands, XIII International Mineral Processing and Recycling Conference Belgrade, Serbia, 8-10 May, 2019.

III.42. Браткова С., Ангелов А., Желева Е., Тодорова К., Стаменов С., Кожухаров Е., Делов П., Вълева Е., Василев Ж., Мултидисциплинарен подход за възстановяване на нарушени в миналото терени, XIII Международна конференция по преработка и обогатяване на полезни изкопаеми Белград, Сърбия, 8-10 Май, 2019.

Резюме: Дънди Прешъс Металс Челопеч ЕАД проведе мултидисциплинарно проучване в рамките на своята програма за рехабилитация на терени, нарушени от стара миннодобивна дейност. Изследването обхваща: цялостна характеристика на минералния субстрат, хидрологичен и хидрогеоложки профил на района, качество на повърхностните и подземните

води, анализ на почвата и седиментите. Целта на мултидисциплинарното проучване беше да се съберат и систематизират допълнителни данни и да се набележат конкретни мерки за подобряване на околната среда и възстановяване на нарушените терени в първоначалното им състояние, доколкото е възможно. В статията са представени научните методи, приложени при проведеното цялостно проучване и съответните дейности, извършвани към момента.

Abstract: Dundee Precious Metals Chelopech EAD conducted a multi-disciplinary survey within the framework of its program for the rehabilitation of lands disturbed by historical mining. The survey covered: a comprehensive characterization of the mineral substrate, a hydrological and hydro-geological profile of the area, surface and groundwater quality, soil and sediment analysis. The purpose of the multi-disciplinary survey was to collect and systematize additional data and identify specific measures for environmental improvement and restoring disturbed lands, as much as possible, to their original state. The article presents the scientific methods applied during the conducted comprehensive survey and respective activities carried out at present.

III.43. Bratkova S., Alexieva Z., Angelov A., Nikolova K., Genova P., Ivanov R., Gerginova M., Peneva N., *Efficiency of microbial fuel cells based on the sulphate-reduction by ethanol, Sustainable Extraction and Processing of Raw Materials Journal, Vol 1, pp. 21-26, 2020, ISSN 2738-7100 (print) ISSN 2738-7151(online) DOI: 10.5281/zenodo.4270025.*

III.43. Браткова С., Алексиева З., Ангелов А., Николова К., Генова П., Иванов Р., Гергинова М., Пенева Н., *Ефективност на микробни горивни клетки, базирани на сулфат-редукция на етанол, Списание: Sustainable Extraction and Processing of Raw Materials Journal, Том 1, стр. 21-26, 2020, ISSN 2738-7100 (print) ISSN 2738-7151(online) DOI: 10.5281/zenodo.4270025.*

Abstract: The influence of hydraulic retention time (HRT) on the rate of sulphate-reduction and electricity generation of microbial fuel cell fed with ethanol was studied. The experiments were performed in the laboratory installation, consisting of an anaerobic fixed-bed reactor and a microbial fuel cell with air-cathode. An effective sulphate removal was achieved at hydraulic retention times 44 and 66 h. The effectiveness of COD removal raises with increasing the hydraulic retention time. The highest maximum power density of 258 mW/m² was obtained at 22 h HRT. The use of ethanol as an electron donor had a great impact on the composition of the microbial community. The metagenomic data obtained showed that the most abundant phylum in bacterial community was *Proteobacteria* – 87.8 %, and particularly *Gamma*proteobacteria – 53,1%. The sulphate reducing bacteria that can incompletely oxidise organic compounds usually with acetate as an end product were presented in the microbial community in anodic chamber. The dominant microbial species among sulphate reducing bacteria was *Desulfomicrobium mexicanus* (19,79%).

Резюме: Изследвано е влиянието на контактното време върху скоростта на микробната сулфат-редукция при хранване с етанол и генерирането на електроенергия от МГК. Експериментите са осъществени чрез лабораторна инсталация, състояща се от анаеробен реактор с фиксирано легло и микробна горивна клетка с въздушен катод. Постигнато е ефективно отстраняване на сулфати при поддържане на контактното време 44 и 66 ч. Ефективността на отстраняване на ХПК нараства с повишаването на контактното време. Най-висока максимална плътност на мощността от 258 mW/m² е получена при 22 ч. контактено време. Използването на етанол като донор на електрони оказва голямо влияние върху състава на микробното съобщество. Получените метагеномни данни показват, че най-разпространеният тип в бактериалната общност е *Proteobacteria* – 87,8 %, и по-специално *Gamma*proteobacteria – 53,1 %. В анодната камера присъстваха сулфат-редуциращи бактерии,

които окисляват непълно органичните съединения с краен продукт ацетат. Доминиращият микробен вид сред сулфат-редуциращите бактерии бе *Desulfomicrobium mexicanus* (19,79%).

III.44. Nikolova, K., Bratkova S., Angelov A., Genova P., Ivanov R., Stefanova A., Treatment of sulphates-rich solutions through ettringite precipitation with industrial reagents, Sustainable Extraction and Processing of Raw Materials Journal, Vol 1, pp. 74-78, 2020, ISSN 2738-7100 (print) ISSN 2738-7151(online) DOI: 10.5281/zenodo.4270121.

III.44. Николова К., Браткова С., Ангелов А., Генова П., Иванов Р., Стефанова А., Пречистване на богати на сулфати води чрез еtringитна преципитация с индустриални реагенти, Списание: Sustainable Extraction and Processing of Raw Materials Journal, Том 1, стр. 74-78, 2020, ISSN 2738-7100 (print) ISSN 2738-7151(online) DOI: 10.5281/zenodo.4270121.

Abstract: Mine wastewaters are often characterised with high concentrations of sulphates, heavy metals and increased electrical conductivity. It is mandatory for the industry to implement convenient treatment methods in order to reduce these parameters. The aluminium precipitation with the simultaneous formation of ettringite was chosen for laboratory testing as it is appropriate when the concentrations of sulphates have to be reduced– up to 300 mg/l according to the Bulgarian regulatory framework. In the present study synthetic waters were treated, as their composition was similar to that of typical mining effluents. Initially, the pH of the solutions was adjusted to 9.0 with Ca(OH)₂ and thus the heavy metals precipitated in the form of hydroxides. Then, an aluminium source was added as Al-cement, industrial Na-aluminate or aluminium oxychloride. The best results in terms of sulphates and electrical conductivity decrease were obtained with Al-cement (69 – 100 % sulphates removal rate), but the quantities of the generated sludges were large, which raises the question of their proper disposal. With the industrial Na-aluminate the rate of removal of sulphates was very low and with AlOCl it was 96%. However, the use of both reagents showed an increase in the electrical conductivity of the treated solutions.

Резюме: Минните отпадъчни води често се характеризират с високи концентрации на сулфати, тежки метали и повишена електропроводимост. За да се понижат стойностите на тези показатели е задължително е индустрията да прилага подходящи методи за пречистване. За намаляване на концентрациите на сулфатите според българската нормативна уредба до 300 mg/l, в лабораторни изследвания е приложен източник на алуминий за формиране на еtringит. В настоящото изследване са третирани синтетични води със състав, подобен на този на типичните минни отпадъчни води. Първоначално рН на разтворите е коригирано с Ca(OH)₂ до 9,0, при което тежките метали се утаяват под формата на хидроксида. След това е добавян източник на алуминий под формата на Al-цимент, промишлен Na-алуминат или алуминиев оксихлорид. Най-добри резултати по отношение на намаляването на концентрацията на сулфатите и електропроводимостта са получени с Al-цимент (69 – 100 % степен на отстраняване на сулфати), но количествата на генерираните утайки са големи, което поставя въпроса за тяхното депониране. При прилагане на промишлен Na-алуминат степента на отстраняване на сулфатите е много ниска, а при AlOCl е 96%. Използването на двата реагента обаче води до повишаване на електропроводимостта на третираните разтвори.

III.45. Anatoliy Angelov, Maria Georgieva., Microbial electrolysis cells - a new approach to wastewater treatment with high sulphate content, XVI International Conference of the Open and Underwater Mining of Minerals, 06 - 10 September 2021, Varna, Bulgaria, pp.223-229. ISSN 2535-0854.

III.45. Anatoliy Angelov, Maria Georgieva. Микробни електролизни клетки – нов подход за пречистване на отпадъчни води с високо съдържание на сулфати, XVI Международна конференция „Открит и подводен добив на полезни изкопаеми“, 06–10 септември 2021 г., Варна, България, стр. 223–229. ISSN 2535-0854.

Abstract: An experimental installation of a microbial electrolytic cell for desalination of wastewater with high sulfate and heavy metals content was designed and implemented. The potential of the investigated method for treatment of high sulphate mining wastewater in laboratory conditions was established, investigating two variants of the bioelectrochemical system operation - in microbial fuel cell (MFC) mode and in microbial electrolysis cells (MEC) mode. Prospective results have been obtained for further technology-optimized reduction of the copper ion concentration in the cathode area, where the MEC - variants reaches better results (for Cu -37,1% and 35,2% for SO₄), compared with MFC-options reaches (for Cu - 4,6% and 32,2% for SO₄) for the 10-day period.

Резюме: Проектирана и реализирана е експериментална инсталация на микробна електролитна клетка за обезсоляване на отпадъчни води с високо съдържание на сулфати и тежки метали. Установен е потенциалът на изследвания метод за третиране на минни отпадъчни води с висока сулфатна концентрация в лабораторни условия, като са проучени два варианта на работа на биоелектрохимичната система – в режим на микробна горивна клетка (MFC) и в режим на микробна електролизна клетка (MEC). Получени са перспективни резултати за по-нататъшна технологично оптимизирана редукция на концентрацията на медни йони в катодната зона, като вариантът MEC постига по-добри резултати (за Cu – 37,1% и за SO₄ – 35,2%) в сравнение с варианта MFC (за Cu – 4,6% и за SO₄ – 32,2%) за период от 10 дни.

III.46. Bratkova S., Nikolova K., Genova P., Angelov A., Use of Plant Growth-Promoting Bacteria and Humic Acids for Phytostabilization of Acid-Generating Mining Wastes, Earth & Environmental Science Research & Reviews, Vol. 5(3), pp. 51-60, 2022, ISSN: 2639-7455 DOI:10.33140/EESRR.05.03.01.

Браткова С., Николова К., Генова П., Ангелов А., Приложение на стимулиращи растежа на растенията бактерии и хуминови киселини за фитостабилизация на киселинно-генериращи минни отпадъци, Списание: Earth & Environmental Science Research & Reviews, Том 5(3), стр. 51-60, 2022, ISSN: 2639-7455 DOI:10.33140/EESRR.05.03.01.

Резюме: Проведено е интердисциплинарно проучване на ефекта от прилагане на стимулиращи растежа на растенията бактерии и хуминови киселини при рекултивацията на киселинно генериращи минни отпадъци чрез затревяване. Дренажните води от минните отпадъци се характеризират с рН 3,58 и високи концентрации на сулфати, мед, манган и цинк. Приложени са щамове от родовете *Bacillus* и *Pseudomonas* и хуминови киселини, получени чрез биотрансформация на лигнит. Използването на стимулиращи растежа на растенията бактерии и хуминови киселини при рекултивацията на киселинно-генериращи минни отпадъци имаше няколко полезни ефекта. Комбинираното им приложение доведе до значително намаляване на концентрациите на Cu, Fe, Zn и сулфати в дренажните води, поради потискане на окисляването на пирита. Както бактериите, стимулиращи растежа на растенията, така и хуминовите киселини подобряват растежа на растенията, когато се използват поотделно. Най-висок добив на свежа (между 22% и 43% над контролата) и суха биомаса на растенията (между 31% и 41% над контролата) се наблюдава при комбиниране на двата вида третиране, като ефектът силно зависи от дозата на приложение. При комбинираното приложение, добивът на свежа и суха биомаса се повишава при третиране на растенията с хуминови киселини 0,42 g/kg почва, но намалява значително при тяхното прилагане в

концентрация 0,84 g/kg почва. Третирането с микробни култури и хуминови вещества повишава значително усвояването на азот, фосфор и калий от растенията. Освен това, прилагането на бактерии от р. *Bacillus* и р. *Pseudomonas* в комбинация с хуминови киселини в бедни почви, използвани за рекултивация, намалява поемането на Cu и Zn от растенията.

Abstract: An interdisciplinary study was conducted on the effect of application of plant growth-promoting bacteria and humic acids in the reclamation of acid-generating mining wastes through a vegetation cover. The drainage water from the mining waste was characterized by a pH of 3.58 and high concentrations of sulfate, copper, manganese, and zinc. Strains of the *Bacillus* and *Pseudomonas* genera and humic substances produced by biotransformation from lignite were applied. The usage of plant growth promoting bacteria and humic acid in the reclamation of acid-generating mining wastes produced several beneficial effects. The combined application resulted in a significant decrease in Cu, Fe, Zn and sulfate concentrations in a variety of drainage water samples, due to the suppression of pyrite oxidation. Both plant growth-promoting bacteria and humic acid improve plant growth, when used separately. The highest yield of fresh (between 22% and 43 %) and dry biomass of plants (between 31% and 41 %) was observed after combining both treatments, but the effect depended strongly on the dose of application. Yields of fresh and dry biomass in the combined application increased by treating plants with 0.42 g/kg humic acids, but decreased significantly when applying humic acids in a concentration of 0.84 g/kg soil. The treatment with a microbial consortium and humic substances enhanced significantly the uptake of nitrogen, phosphorus, and potassium by the plants. Furthermore, the addition of *Bacillus* and *Pseudomonas* bacteria in combination with humic acids to poor soil for reclamation reduced the Cu and Zn uptake.

III.47 Popova, M., Velichkova, P., & Angelov, A. (2022). Increasing methane yield during anaerobic digestion by an outside integrated microbial electrolysis cell. Annual of the University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, volume 65, pp. 42–45, ISSN 2738-8808 (print, ISSN 2738-8816 (online).

Abstract: An integrated anaerobic reactor-microbial electrolysis cell system has been created, which has been moved out of the reactor volume. This has several advantages over the one integrated inside the anaerobic reactor: it does not disturb the working volume and is easier to operate and control. The kinetics of biogas production was monitored by comparing the data obtained from the hybrid system and the stand-alone anaerobic reactor. The results show an increased methane yield (from 75 to 88 %), better biodegradability of organic matter (from 66 to 89 %), and purification of ethanol stillage from sulphates in the integrated system (from 860 mg/l to <1 mg/l). In addition, the process of generating biogas in the hybrid system is more stable.

Резюме: Създадена е интегрирана система анаеробен реактор-микробна електролизна клетка, която е изнесена извън обема на реактора. Предимствата пред интегрирана в обема на анаеробния реактор са няколко - не се нарушава работният обем, процесът е по-лесен за работа и управление. Кинетиката на производството на биогаз беше наблюдавана чрез сравняване на данните, получени от хибридна система и самостоятелния анаеробен реактор. Резултатите показват повишен добив на метан (от 75 до 88 %), по-добра биоразградимост на органичната материя (от 66 до 89%) и пречистване на спиртната шлемпа от сулфати (от 860 mg/l до <1 mg/l) в интегрираната система. Освен това процесът на генериране на биогаз в хибридна система е по-стабилен.

III.48. Genova P., Nikolova K., Angenov A., Bratkova S., Mirdzveli N., Barite precipitation for treatment of mine waters with high sulphate concentrations, Sustainable Extraction and Processing of Raw Materials Journal, Vol 4, pp. 32-36, 2023, ISSN 2738-7100 (print) ISSN 2738-7151(online).

III.48. Генова П., Николова К., Ангелов А., Браткова С., Пречистване на минни води с високо сулфатно съдържание чрез баритно утаяване, Списание: Sustainable Extraction and Processing of Raw Materials Journal, Том 4, стр. 32-36, 2023, ISSN 2738-7100 (print) ISSN 2738-7151(online).

Abstract: One of the commonly used methods for removing sulphates from mine waters is the precipitation. The classical approach for the treatment of acid mine drainage (AMD) rich in heavy metals and sulphates at about of 2000 mg/L is based on using Ba added in different forms - Ba(Cl)₂, Ba(OH)₂, BaCO₃, BaS. In the present study, barite precipitation with the use of BaS was implemented in a laboratory installation in continuous mode. The scheme of the installation includes series connected chemical reactors and settlers, which allows the sequential implementation of three processes - liming, barite precipitation and recarbonation. Real AMD containing high concentrations of sulphates and heavy metals has been effectively treated by the laboratory installation. The application of BaS effectively reduces the concentration of sulphates below 200 mg/L and the electrical conductivity of the treated waters is significantly reduced.

Резюме: Един от често използваните методи за отстраняване на сулфати от рудничните води е тяхното утаяване. Класическият подход за третиране на кисели руднични води (КРВ), съдържащи тежки метали и сулфати около 2000 mg/L, се основава на използването на Ba, добавен в различни форми - Ba(Cl)₂, Ba(OH)₂, BaCO₃, BaS. В настоящото изследване в лабораторна инсталация в непрекъснат режим е извършено баритно утаяване с използване на BaS. Схемата на инсталацията включва последователно свързани химически реактори и утайтели, което позволява последователно осъществяване на три процеса - варуване, баритна преципитация и декарбонизация. Чрез лабораторната инсталация ефективно са пречистени реални КРВ, съдържащи високи концентрации сулфати и тежки метали. Прилагането на BaS снижава концентрацията на сулфатите под 200 mg/L, като също така значително се намалява и електропроводимостта на третираните води.

III.49. Angenov A, Nikolova K., Genova P., Bratkova S., Efficient treatment of real acid mine drainage by bioelectrochemical system with anodic microbial sulfate reduction, Proceedings of the XVII International conference of the open and underwater mining of minerals, 18 – 22 September 2023, Varna, Bulgaria, pp. 176-183, ISSN 2535-0854

III.49. Ангелов А., Николова К., Генова П., Браткова С., Ефективно третиране на реални кисели минни води чрез биоелектрохимична система с анодна микробна сулфатна-редукция, Сборник доклади от XVII Международна конференция по открит и подводен добив на полезни изкопаеми, 18 – 22 Септември 2023, Варна, България, стр. 176-183, ISSN 2535-0854.

Abstract: The efficiency for the treatment of real acid mine drainage (AMD) from sulfates and heavy metals was investigated in a bioelectrochemical system (BES). In a batch mode, two operational options of the BES were investigated – as a microbial fuel cell (MFC) and as a microbial electrolysis cell (MEC). It was found that the rates of sulfate removal and metal reduction in the cathodic area were achieved to different extents in the two BES modes of operation. In a MFC mode for a time of 96 hours, the rate of removal of sulfates from AMD reached 27.7 %, while in the MEC mode it was 47.8%. Regarding Cu²⁺ - in both modes as MFC and MEC the rate of reduction was 69,0% and 95,7 % respectively.

Резюме: Ефективността на пречистване на реални кисели руднични води (КРВ) от сулфати и тежки метали беше изследвана в биоелектрохимична система (БЕС). Две работни опции на БЕС – като микробна горивна клетка (МГК) и като микробна електролизна клетка

(МЕК) са изследвани в периодичен режим. Установи се, че при двата режима на работа на БЕС отстраняването на сулфати и метали в катодната зона е в различна степен. За 96 часа в режим МГК, степента на отстраняване на сулфати от КРВ е 27,7%, докато в режим МЕК е 47,8%. Отстраняването на Cu^{2+} от водите в двата режима, като МГК и МЕК е съответно 69,0% и 95,7%.

III.50. Angelov A. and Lecheva M., (2023). “Impact of light wavelength on the performance of an algae-assisted microbial fuel cell”, Annual of the University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, Vol. 66/2023. ISSN 2738-8808 (print) ISSN 2738-8816 (online).

III.50. Angelov A. и Lecheva M. (2023). „Влияние на дължината на светлинната вълна върху работата на микробна горивна клетка, подпомагата от микроводорасли“, Годишник на Минно-геоложкия университет „Св. Иван Рилски“, том 66/2023. ISSN 2738-8808 (печатно издание), ISSN 2738-8816 (онлайн издание).

Abstract: In a combined system of the photobioreactor (PBR) and microbial fuel cell support (MFC), studies have been carried out to establish the influence of the light's wavelength on the fuel cell's performance. LED light sources have been used for this purpose at 5 different wavelengths, with maximum - blue (469 nm), green (520 nm), yellow (604 nm), orange (629 nm), and red (659 nm), respectively. The influence of the dissolved oxygen concentration in the cathode zone of MFC has been detected, depending on the wavelength of the aerobic photosynthesis process of microalgae dominated by *Scenedesmus* sp. The growth curves of the micro-algae are established by the change in optical density and biomass quantity, at different wavelengths, while also tracing the influence on the electrochemical parameters of MFC. The maximum power density values established (26.5 mW/m^2) and current density (78.3 mA/m^2) in the fuel cell show a clear correlation between dissolved oxygen concentration, cathode potential, and wavelength of the light source.

Резюме: В комбинирана система на фотобиореактор (ФБР) и подпомогната от микроалги микробна горивна клетка (МГК), са проведени изследвания за установяване на влиянието на дължината на вълната на светлината върху ефективността на горивния елемент. За целта са използвани LED източници на светлина при 5 различни дължини на вълната, с максимуми съответно - синя (469 нм), зелена (520 нм), жълта (604 нм), оранжева (629 нм) и червена (659 нм). Установено е влиянието на концентрацията на разтворен кислород в катодната зона на МГК в зависимост от дължината на вълната при процеса на аеробна фотосинтеза на микроалги, доминирани от *Scenedesmus* sp. Растежните криви на микроалгите са установени чрез промяната на оптичната плътност и количеството на биомасата, при различни дължини на вълната, като едновременно с това е проследено и влиянието върху електрохимичните параметри на МГК. Максималните стойности на плътността на мощността (26.5 mW/m^2) и тока (78.3 mA/m^2) в горивната клетка, показват ясно изразена корелация, между концентрацията на разтворен кислород, катодния потенциал и дължината на вълната на светлинния източник.

III.51. M. Georgieva, A. Angelov., (2023), Treatment of acid mine drain-age in a two-chamber microbial fuel cell, Сборник с доклади от XX национална младежка научно-практическа конференция-2023, 53-59, ISSN 1314-8931

III.51. М. Георгиева, А. Ангелов., (2023). Пречистване на кисели руднични води в двукамерна микробна горивна клетка, Сборник с доклади от XX Национална младежка научно-практическа конференция – 2023, стр. 53–59, ISSN 1314-8931.

Abstract: Model wastewater with a high sulfate content was treated in the cathodic zone of a microbial fuel cell (MFC). A two-section MFC with an anion exchange membrane (AEM) separating

the anodic from the cathodic zone was used. In the anode zone, a process of microbial sulfate reduction has been implemented, and waste organic substrate from the distillery industry was used as an electron donor in the process. Effective removal of the migrated sulfates from the cathode to the anode zone and their subsequent reduction to H₂S is established. At different initial concentrations of sulfates and in the presence of copper ions in the catholyte, the change in the electrochemical parameters of MFC and the removal efficiency of the target pollutants were tracked.

Резюме: Моделни отпадъчните води с високо съдържание на сулфати, са третирани в катодната зона на микробна горивна клетка (МГК). Използвана е двусекционна МГК с анионообменна мембрана (АОМ), разделяща анодната от катодната зона. В анодната зона е реализиран процес на микробна сулфатредукция, като за донор на електрони при процеса е използван отпадъчен органичен субстрат от спиртоварната промишленост. Установява се ефективно отстраняване на мигриралите сулфати от катодната в анодната зона и последващата им редукция до H₂S. При различни начални концентрации на сулфати и в присъствие на медни йони в католита, е проследена промяната в еллектрохимичните параметри на МГК и ефективността на отстраняване на целевите замърсители.

III.52. M. Lecheva, A. Angelov., (2023), Algae-assisted microbial fuel cell for treatment of wastewater with a high sulphate content, Сборник с доклади от XX национална младежка научно-практическа конференция-2023, 139-145, ISSN 1314-8931

III.52. М. Лечева, А. Ангелов (2023), Микробна горивна клетка, подпомагана от микроводорасли, за пречистване на отпадъчни води с високо съдържание на сулфати, Сборник с доклади от XX Национална младежка научно-практическа конференция – 2023, стр. 139–145, ISSN 1314-8931.

Abstract: The anode zone of microbial fuel cell (MFC) was used to treat artificial wastewater with a high sulphate content. To increase the oxygen content within the cathodic area of MFC was used aerobic microalgae from *Scenedesmus* spp. A system of MFC and a bioreactor for microbial sulphate reduction (MSR) were connected to the anode zone and a photobioreactor was connected to the cathode zone. Microalgae's influence on dissolved oxygen concentration in the cathodic zone of MFC was examined. The microbial fuel cell's electrochemical parameters, the degree of sulphates removal, the influence of microalgae on the cathodic potential, and the main electrochemical parameters at different technology modes were determined.

Резюме: Моделни отпадъчни води с високо съдържание на сулфати, са третирани в анодната зона на микробна горивна клетка (МГК). За увеличаване на съдържанието на кислород в катодната зона на МFC са използвани микроводорасли от род *Scenedesmus*. При изследванията е използвана комбинирана система на МГК, свързана с анодната зона към биореактор за микробна сулфатредукция (MCP) и фотобиореактор свързан към зоната на катода. Изследвано е влиянието на микроалгите върху концентрацията на разтворен кислород в катодната зона на МГК. Установени са степента на отстраняване на сулфатите, влиянието на микроалгите върху катодния потенциал и основните електрохимични параметри на микробната горивна клетка при различни технологични режими.

III.53. Kraychev, E., Plochev, S., Angelov, A., & Grozdanov, S. (2024). Research and experimental determination of the oxygen mass transfer coefficient k_La of a new type of stirring device with a planetary mechanism. Annual of the University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, 67(67), 105–109. ISSN 2738-8808 (print), ISSN 2738-8816 (online), <https://doi.org/10.5281/zenodo.13760873>

III.53. Крайчев, Е., Плочев, С., Ангелов, А., и Грозданов, С. (2024). Изследване и експериментално определяне на коефициента на масопренос на кислород kLa на нов тип разбъркващо устройство с планетарен механизъм. Годишник на Минно-геоложкия университет „Св. Иван Рилски“, 67(67), 105–109. ISSN 2738-8808 (печат), ISSN 2738-8816 (онлайн), <https://doi.org/10.5281/zenodo.13760873>

Abstract: The article presents the results regarding a research work and the experimental determining of the coefficient of mass transfer of oxygen kLa , for a new type of stirring device with a planetary mechanism. The stirring device is implemented in a laboratory reactor with a horizontal copper coil and a construction representing a planetary mechanism on which three energy-saving stirring KS 3.1 PЛ4 devices are mounted. Three different stirring and aeration modes were studied in a bioreactor for deep cultivation of aerobic microorganisms. The results obtained for the kLa value showed the highest values under combined aeration. The application of the studied stirrer is expected to be in the field of wastewater treatment and in aerobic bioreactors for the biotechnology industry.

Резюме: В настоящата публикация са представени резултати относно изследване и опитно определяне на коефициента на масопренасяне по кислород kLa за нов тип разбъркващо устройство с планетарен механизъм. Разбъркването се осъществява в лабораторен реактор с хоризонтално навита медна серпентина и конструкция представляваща планетарен механизъм на които са монтирани три енергоспестяващи бъркачки „КС 3.1 ПМ“. Изследвани са 3 различни режима на разбъркване и аерация в биореактор за дълбочинно култивиране на аеробни микроорганизми. Получените резултати за стойността на kLa показват най високи стойности при комбинирана аерация. Очаква се приложението на изследваната бъркачка да бъде в областта на пречистване на отпадъчни води и в аеробни биореактори за биотехнологичната промишленост.

III.54. Velichkova, P, Bratkova, S, Angelov, A, Nikolova, K, Genova, P and Ivanov, R. (2025) Utilization of Distillery Wastewater in a Microbial Fuel Cell Based on Microbial Sulfate Reduction, *J Ecol & Nat Resour* 2025, 9(1): 000410, pp. 1-9, ISSN 2578-4994, DOI: <https://doi.org/10.23880/jenr-16000410>

III.54. Величкова, П., Браткова, С., Ангелов, А., Николова, К., Генова, П. и Иванов, Р. (2025). Оползотворяване на отпадъчни води от дестилерия в микробна горивна клетка, базирана на микробна сулфатна редукция, *J Ecol & Nat Resour* 2025, 9(1): 000410, стр. 1-9, ISSN 2578-4994

Abstract: Simple electron donors (such as lactate, ethanol, glucose, etc.) in the process of microbial sulfate reduction are well studied. In search of new substrates for sulfate-reducing bacteria, multicomponent organic products were investigated. The application of distillery wastewater (vinasse and ethanol stillage) as electron donors in a microbial sulfate reduction process with an integrated microbial fuel cell was studied. The results were compared with those of lactate as a control. The influence of the rate of volumetric sulfate loading on the rate of microbial processes was studied using six different hydraulic retention times: 14, 18, 22, 26, 30 and 34 hours. During the process, sulfate-reducing bacteria incompletely oxidize organic matter in the used distillery wastewater and generate large amounts of acetic acid, and propionic acids as a product of other microbiological processes. The rates of sulfate and organic removal for all three substrates increase with increasing retention time. In the case of vinasse and stillage at the 34th hour, sulfate removal was 98%, and organics removal was 48 and 44%, respectively. The open circuit voltage values for both fuel cells with wastewaters were highest at the 22nd hour. The results showed that vinasse and ethanol stillage were suitable electron donors in the process of microbial sulfate reduction and the resulting metabolites can be a substrate for other anaerobic processes.

Резюме: Простите донори на електрони (като лактат, етанол, глюкоза и др.) в процеса на микробна сулфат-редукция са добре проучени. В търсене на нови субстрати за сулфат-редуциращи бактерии, бяха изследвани многокомпонентни органични продукти. Изследвано е приложението на отпадъчни води от дестилерия (винаса и спиртна шлемпа) като донори на електрони в процес на микробна сулфат-редукция с интегрирана микробна горивна клетка. Резултатите са сравнени с тези на лактат като контрола. Влиянието на степента на обемно натоварване със сулфати върху скоростта на микробните процеси е изследвано с помощта на шест различни хидравлични контактни времена: 14, 18, 22, 26, 30 и 34 часа. По време на процеса, сулфат-редуциращите бактерии непълно окисляват органичната материя в използваните отпадъчни води от дестилерията и генерират големи количества оцетна киселина и пропионови киселини като продукт на други микробиологични процеси. Степента на отстраняване на сулфати и органични вещества и за трите субстрата се увеличава с увеличаване на контактното време. При винасата и шлемпата на 34-ия час, отстраняването на сулфати бе съответно 98%, а отстраняването на органични вещества съответно 48 и 44%. Стойностите на напрежението на отворена верига и за двете горивни клетки с отпадъчни води бяха най-високи на 22-ия час. Резултатите показват, че винасата и спиртната шлемпа са подходящи донори на електрони в процеса на микробна сулфат-редукция и получените метаболити могат да бъдат субстрат за други анаеробни процеси.

III.55. Nikolova, K., Bratkova, S., Angelov, A., Genova, P., Ivanov, R., Velichkova, P. (2025). Screening and analysis of the applicability of various technologies for reducing sulfate concentration in waters influenced by the mining and processing industry, SEPRM, vol. 6, pp. 68-75, ISSN 2738-7100 (print), ISSN 2738-7151(online)

III.55. Николова, К., Браткова, С., Ангелов, А., Генова, П., Иванов, Р., Величкова, П. (2025). Скрининг и анализ на приложимостта на различни технологии за снижаване на концентрацията на сулфати във води, повлияни от минната и преработвателната индустрия, SEPRM, изд. 6, стр. 68-75, ISSN 2738-7100 (print), ISSN 2738-7151(online)

Abstract: The complexity and specificity of the problem with the release of high concentrations of sulfates from mining sites characterized by sulfide ores requires the application of an adequate selection of existing treatment technologies. The proposed screening is based on three steps - preliminary screening based on the rate of development and commercialization of the technology and the ability to achieve a certain threshold of sulfate removal; screening of technologies based on productivity, costs and other factors; and screening based on the rate of removal of other important pollutants. The purpose of the proposed analysis is to highlight the advantages and limitations of each approach and to identify the most applicable water treatment technologies for the purpose of reducing sulfates in wastewater, using a unified methodology for evaluation and ranking. The result is a list of technologies classified by their applicability, which can be used as a guide or starting point for further study and a detailed review of the possibilities for sulfate removal from wastewater. For the sulfates removal from EWIW, limestone/lime treatment (as a pre-treatment process), the SAVMIN process, the GYP-CIX process and the biological sulfate reduction in bioreactor seem to be the most applicable treatment process, as among the treatment processes that use biological sulfate-reduction, the bioreactors are the most effective.

Резюме: Сложността и спецификата на проблема с изпускането на високи концентрации сулфати от минни обекти, характеризирани със сулфидни руди, налага прилагането на адекватен подбор на съществуващите технологии за третиране. Предложеният скрининг е базиран в три стъпки - предварителен скрининг въз основа на степента на развитие и комерсиализация на технологията и възможността да се постигне до определен праг на

отстраняване на сулфатите, скрининг на технологиите на базата на производителността, разходите и други фактори и скрининг на базата на степента на пречистване от други важни замърсители. Целта на предложения анализ е да се изведат предимствата и ограниченията на всеки подход и да се идентифицират най-приложимите технологии за третиране на води с цел намаляване на сулфати в отпадъчните води, като се използва единна методология за оценка и класиране. Резултатът е списък от технологии, класифицирани по приложимост, който може да се използва като ръководство или отправна точка за по-нататъшно проучване и подробен преглед на възможностите за отстраняване на сулфати от отпадъчни води.

III.56. Ivanov, R. Genova, P., Nikolova, K., Angelov, A. (2025). Integration of SMFC-based biosensor in constructed wetland for real time monitoring and bioremediation of heavy metals contaminated waters, SEPRM, vol. 6, pp. 29-33, ISSN 2738-7100 (print), ISSN 2738-7151(online)

III.56.. Иванов, Р., Генова, П., Николова, К., Ангелов, А. (2025). Интегриране на СМГК-базиран биосензор в конструирана влажна зона за мониторинг и биоремедиация на замърсени с тежки метали води, SEPRM, изд. 6, стр. 29-33, ISSN 2738-7100 (print), ISSN 2738-7151(online)

Abstract: Water contaminated with heavy metals is one of the most serious environmental problems in the world. Their timely detection and removal is of key importance for human health and ecosystems. The possibility of simultaneous real-time monitoring and bioremediation of waters contaminated with heavy metals has been established. Constructed wetlands with integrated sediment microbial fuel cells have been proposed for this purpose. Through them, four types of water contaminated with heavy metals - copper, chromium, nickel and zinc - were examined. All four types of water showed a sudden voltage peak when the contaminant entered the cell and a gradual decrease in voltage corresponding to decreasing of the concentration of the contaminant. Chromium ions were removed the fastest - 28 hours. The introduction of heavy metals into the constructed wetland led to a sudden spike in voltage between 150 and 200 mV. The soil played the role of a protective layer for the electroactive microorganisms in the anode area, adsorbing the heavy metals in its upper layer and ensuring the efficient operation of the system. The studies showed an increase in the concentration of heavy metals in the surface soil layer between 5 and 35 mg.kg⁻¹.

Резюме: Водите, замърсени с тежки метали, са един от най-сериозните екологични проблеми в света. Навременното им откриване и отстраняване е от ключово значение за здравето на хората и екосистемите. Установена е възможността за едновременно наблюдение в реално време и биоремедиация на води, замърсени с тежки метали. За тази цел са предложени конструирани влажни зони с интегрирани седиментни микробни горивни клетки. Чрез тях бяха изследвани четири типа води, замърсени с тежки метали – мед, хром, никел и цинк. Всичките четири типа вода показаха внезапен пик на напрежението при навлизането на замърсителя в клетката и постепенно намаляване на напрежението, съответстващо на намаляването на концентрацията на замърсителя. Йоните на хрома бяха отстранение най-бързо – за 28 часа. Въвеждането на тежки метали в конструираната влажна зона доведе до внезапен скок в напрежението между 150 и 200 mV. Почвата играеше ролята на защитен слой за електроактивните микроорганизми в анодната зона, адсорбирайки тежките метали в горния си слой и осигурявайки ефективната работа на системата. Изследванията показаха увеличение на концентрацията на тежки метали в повърхностния почвен слой между 5 и 35 mg.kg⁻¹.

III.57. Polina Velichkova, Anatoliy Angelov., (2025). Influence of bioelectrochemical system on biogas production, Proceedings of the XVIII International Conference of the Open and Underwater Mining of Minerals, 8 – 12 September 2025, Varna, Bulgaria, ISSN 2535-0854.

III.57. Полина Величкова, Анатолий Ангелов. (2025). Влияние на биоелектрохимична система върху производството на биогаз, Сборник с доклади от XVIII Международна конференция „Открит и подведен добив на полезни изкопаеми“, 8–12 септември 2025 г., Варна, България, ISSN 2535-0854.

Abstract: Integrating a bioelectrochemical system (BES) into an anaerobic reactor enhances methane yield, improves organic matter decomposition, and stimulates the growth of electroactive bacteria within the consortium. The present study investigated the impact of an integrated BES on a vinasse biomethanation reactor in more depth. The type of separator strongly influences biogas yield and the decomposition of organic matter. An analysis was made of 6 AD-BES variants, with different types of membranes and without a membrane, in two operating modes - as a microbial electrolysis cell (MEC) and as a microbial fuel cell (MFC). The obtained data on the kinetics of biogas production and its composition, the rates of chemical oxygen removal, and the degradation of lactic and acetic acid were compared under different regimes. For 12 days, the daily biogas yield almost doubled, and the biomethane content increased from 60 % to 70 % in the AD-MEC variant without a membrane. The values of Coulombic Efficiency (CE) and Methane Recovery Efficiency (MRE) were determined, and in the most favourable variant (MEC- without a membrane), they were 16.6% and 4.4% respectively.

Резюме: Интегрирането на биоелектрохимична система (BES) в анаеробен реактор повишава добива на метан, подобрява разграждането на органичното вещество и стимулира развитието на електроактивни бактерии в микробния консорциум. Настоящото изследване разглежда в по-голяма дълбочина въздействието на интегрирана BES върху реактор за биометаниране на виниаса. Типът на сепаратора оказва съществено влияние върху добива на биогаз и степента на разграждане на органичната материя. Анализирани бяха 6 варианта на AD-BES с различни видове мембрани и без мембрана, в два режима на работа – като микробна електролизна клетка (MEC) и като микробна горивна клетка (MFC). Получените данни за кинетиката на образуване на биогаз и неговия състав, скоростите на отстраняване на химичната потребност от кислород (COD), както и разграждането на млечна и оцетна киселина бяха сравнени при различни режими. В продължение на 12 дни дневният добив на биогаз почти се удвои, а съдържанието на биометан се увеличи от 60 % на 70 % при варианта AD-MEC без мембрана. Бяха определени стойностите на кулоновата ефективност (CE) и ефективността на възстановяване на метан (MRE), като при най-благоприятния вариант (MEC – без мембрана) те достигнаха съответно 16,6 % и 4,4 %.

III.58. Anatoliy Angelov, Rayno Popov, (2017), Correlation analysis of biogas process from sludge in urban waste water treatment plants, The V International scientific and technical conference "Geology and hydrocarbon potential of the Balkan-Black Sea region", 18 - 22 September 2017, Varna, Bulgaria, pp 145-150., ISBN 978-619-90939-0-0.

III.58. Анатолий Ангелов, Райно Попов, (2017), Корелационен анализ на процеса на производство на биогаз от утайки в градски пречиствателни станции за отпадъчни води, V Международна научно-техническа конференция „Геология и въглеродороден потенциал на Балканско-Черноморския регион“, 18 - 22 септември 2017 г., Варна, България, стр. 145-150., ISBN 978-619-90939-0-0.

Abstract: Studies conducted at the biogas installation of the wastewater treatment plant in Sofia demonstrated the feasibility of applying correlation analysis to identify relationships between different objective functions and technological parameters of the biomethanation process. Data were obtained on the input and output characteristics of sludge under various values of technological

parameters. By applying the correlation method, the values of the correlation coefficients were determined. For the two selected objective functions—biogas yield and degree of mineralization—the dependence of the remaining parameters on these two target indicators was established. The results confirm the experience from international practice and demonstrate the influence of the main technological processes on anaerobic degradation. This provides grounds to conclude that correlation analysis can be successfully applied to the investigation of processes in installations producing biogas from liquid organic sludge.

Резюме: При проведени проучвания в инсталацията за биогаз на пречиствателната станция за отпадъчни води в София, се доказа възможността за прилагане на корелационен анализ за установяване на корелации по отношение на различните целеви функции и технологични параметри на процеса на биометанация. Получени са данни за входните и изходните показатели на утайките при различни стойности на технологичните параметри. Използвайки метода на корелация са установени стойностите на корелационните коефициенти. При избраните две целеви функции - добив на биогаз и степен на минерализация, е определена зависимостта на останалите показатели по отношение на тези два целеви параметъра. Резултатите потвърждават опита от световната практика, и доказват влиянието на основните технологични процеси върху процеса на анаеробно разграждане. Това дава основание да се смята, че корелационният анализ може успешно да се използва за изследване на процеси в инсталации, произвеждащи биогаз от течни органични утайки.

III.59. Svetlana Bratkova, Rosen Ivanov, Alexandre Loukanov, Anatoliy Angelov, 2013, Potential for selective precipitation of copper ions by biogenic hydrogen sulfide from mine waters containing high concentrations of iron, *Sustainable Development 6* (2013) 56-60, ISSN: 1314-4138.

III.59. Светлана Браткова, Росен Иванов, Александър Луканов, Анатолий Ангелов, 2013, Потенциал за селективно утаяване на медни йони чрез биогенен сероводород в минни води, съдържащи високи концентрации на желязо, *Устойчиво развитие 6* (2013) 56-60, ISSN: 1314-4138

Abstract: The present study explores the potential for selective precipitation of copper from synthetic mine water, containing copper and iron, respectively in concentrations 100 and 1000 mg/l, by microbial generated hydrogen sulfide. The hydrogen sulphide was obtained through biofilm of sulphate-reducing bacteria, which is immobilized to the natural zeolite in anaerobic sulphidogenic bioreactor. The selective precipitation of copper is possible due to the different chemical properties of the metal sulphides, and because CuS is characterized by the low solubility under acidic conditions. In order to account the quantity the precipitated metals in the various conditions was performed chemical analysis of the liquid phase after the formation of sludge. The following sulfide minerals of the copper were identified by X-Ray diffraction: covellite (CuS), chalcocite (Cu₂S), anilite (Cu₇S₄), djurleite (Cu₃₁S₁₆). In the sludge also present mineral callaghanite (Cu₂Mg₂(CO₃)(OH)₆·H₂O) and elemental sulfur.

Резюме: Настоящото изследване разглежда възможността за селективно утаяване на мед от синтетична руднична вода, съдържаща мед и желязо в концентрации съответно 100 и 1000 mg/l, чрез микробно генериран сероводород. Сероводородът е получен посредством биофилм от сулфат-редуциращи бактерии, имобилизиран върху естествен зеолит в анаеробен сулфидогенен биореактор. Селективното утаяване на медта е възможно поради различните химични свойства на металните сулфиди, както и поради факта, че CuS се характеризира с ниска разтворимост при кисели условия. За количествено определяне на утаените метали при различни условия беше извършен химичен анализ на течната фаза след образуването на

утайката. Чрез рентгенофазов анализ (XRD) бяха идентифицирани следните сулфидни минерали на медта: ковелин (CuS), халкозин (Cu₂S), анилит (Cu₇S₄) и джурлеит (Cu₃₁S₁₆). В утайката беше установено също наличието на минерала калаганит (Cu₂Mg₂(CO₃)(OH)₆·H₂O), както и елементарна сяр.

Публикувана студия или глава от колективна монография

III.60. Занева-Добранова, Е., Лъмов, Щ., Ангелов, А., “Неконвенционални източници на въглеродни ресурси, технологии и екологични предизвикателства”, Издателство и производство - София : ИК "Св. Иван Рилски", 2012, ISBN - 978-954-353-191-2, COBISS.BG-ID – 1251579108.

III.60. Zaneva-Dobranova, E., Lyomov, Sht., Angelov, A., “Unconventional Sources of Hydrocarbon Resources, Technologies and Environmental Challenges”, Publishing House and Production – Sofia: Publishing House "St. Ivan Rilski", 2012, ISBN 978-954-353-191-2, COBISS.BG-ID 1251579108.

Резюме: За последното столетие потреблението на енергия рязко се увеличава, при това дялът на горливите изкопаеми значително превишава този на останалите енергийни източници. Освен като енергоносители тези природни продукти намират широко приложение и в други важни отрасли на икономиката, като нефтохимическата промишленост, строителството, тежката металургия и др. Въглеродните ресурси са изчерпаеми горива, като тенденцията е към намаляване на относителния обем на откритите и въведените в експлоатация природни обекти. Вниманието на специалистите се насочва към по-точна количествена оценка на експлоатираните находища, търсене на възможности за повишаване извлекаемостта на флуидите и търсене на нови, алтернативни (неконвенционални) въглеродни природни източници на енергия. За целта се създават и прилагат нови технологични подходи и съвременни технически решения, осигуряващи по-пълното и безопасно извличане на полезните изкопаеми. Едновременно с това пред високите технологии се поставят изисквания за предотвратяване на опасността от екологични въздействия върху околната среда и управление на рисковите ситуации. Проучването и добива на природен газ и нефт от неконвенционални източници, ефективно и икономично, е сложен инженерен проблем. Цялостният процес преминава през различни етапи с участието на подготвени екипи от експерти и изследователи. Чрез изучаване на световния опит и на примера на конкретни обекти, авторите са се постарали да покажат перспективите в България и прилаганите технически средства и технологии за прокарване на сондажи с цел усвояването на ресурсите от природен газ от неконвенционални източници. Има ли в България реална перспектива за проучването и усвояването на неконвенционалните източници на природен газ, чрез прилагането на световните практики и при стриктното опазване на околната среда? На този въпрос авторите са се постарали да дадат отговор и да внушат на читателя, необходимостта от широка обществена инициатива за реална оценка на конкретните геоложки дадености в страната.

Abstract: Over the past century, energy consumption has increased sharply, with the share of fossil fuels significantly exceeding that of other energy sources. In addition to their role as energy carriers, these natural resources are widely used in other important sectors of the economy, such as the petrochemical industry, construction, heavy metallurgy, and others. Hydrocarbon resources are

finite fuels, and the trend shows a decrease in the relative volume of discovered and commercially developed natural deposits. Specialists are focusing on more accurate quantitative assessment of exploited fields, searching for ways to improve fluid recovery, and exploring new alternative (unconventional) hydrocarbon energy sources. For this purpose, new technological approaches and modern technical solutions are being developed and applied to ensure more complete and safe extraction of mineral resources. At the same time, high technologies are required to prevent environmental impacts and to manage risk situations.

The exploration and production of natural gas and oil from unconventional sources in an efficient and economically viable manner is a complex engineering problem. The entire process passes through different stages involving teams of qualified experts and researchers. By studying global experience and analyzing specific case studies, the authors aim to demonstrate the prospects for Bulgaria and the technical tools and technologies applied in drilling operations for the development of unconventional natural gas resources.

Is there a real prospect in Bulgaria for the exploration and development of unconventional natural gas sources through the application of global best practices and strict environmental protection? The authors attempt to address this question and emphasize the need for broad public initiative to realistically assess the country's specific geological conditions.