

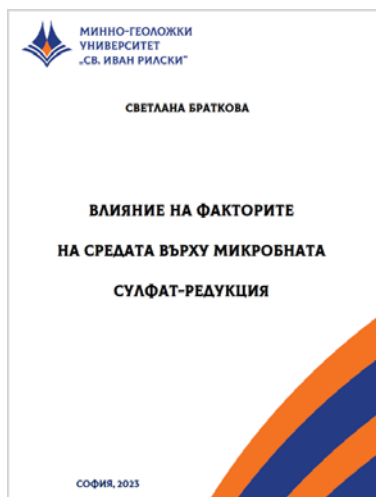
## РЕЗЮМЕТА НА НАУЧНИТЕ ТРУДОВЕ

на доц. д-р Светлана Георгиева Браткова

## представени за участие в конкурс за професор

по професионално направление 5.11. „Биотехнологии”, научна специалност „Биотехнологии в геоекологията”, обявен от МГУ „Св. Ив. Рилски” в ДВ, бр.92 от 03.11.2023 г.

## Хабилитационен труд - монография (по група показатели В)



III.1. Браткова, С. Г., 2023, *Влияние на факторите на средата върху микробната сулфат-редукция*, Издателска къща „Св. Иван Рилски“ на МГУ „Св. Иван Рилски“, 199 стр., ISBN 978-954-353-467-8, Фонд на Национална библиотека „Св. Св. Кирил и Методий“, София, COBISS.BG-ID - 61147912.

Bratkova, S.G. 2023. *Influence of environmental factors on microbial sulfate-reduction*, Publ. House "St. Ivan Rilski", Sofia, 199 pages, ISBN 978-954-353-467-8, Fund of the National Library "St. St. Cyril and Methodius", Sofia, COBISS.BG-ID - 61147912.

## РЕЗЮМЕ

В монографията са разгледани теми, свързани с ролята на сулфат-редуциращите бактерии (СРБ) в биогеохимичния кръговрат на сярата, разграждането на органични вещества в анаеробни условия, местообитанието и класификацията на сулфат-редуциращите бактерии. Представени са резултати от проучване на влиянието на важните фактори на средата върху активността на СРБ и скоростта на процеса като рН, температура, вид и концентрация на донори и крайни акцептори на електрони, концентрация на тежки метали. Влиянието на факторите на средата е изследвано както в контролирани лабораторни условия при периодичен режим на култивиране, така в съоръжения на активни и пасивни системи за пречистване на води, замърсени с тежки метали при непрекъснат режим на работа. Включени са данни от редица химични и микробиологични изследвания с използване на донорите на електрони лактат и ацетат, които се явяват най-предпочитаните източници на въглерод и енергия за двете групи бактерии – СРБ, окисляващи непълно органичните съединения до ацетат и СРБ окисляващи пълно органичните съединения до CO<sub>2</sub>. Последната глава на монографията е посветена на ефективността на дисимилативната микробна сулфат-редукция в активни и пасивни системи. Представени са примери за пречистване на води, замърсени с тежки метали и арсен при реализацията на процеса в сулфидогенен биореактор и в пасивни биохимични реактори.

## ABSTRACT

The monograph discusses topics related to the role of sulfate-reducing bacteria (SRB) in the biogeochemical cycle of sulfur, the degradation of organic matter in anaerobic conditions, the habitat and classification of sulfate-reducing bacteria. Results of a study of the influence of important environmental factors on the activity of SRB and the rate of the process such as pH, temperature, type and concentration of electron donors and final acceptors, concentration of heavy metals are presented. The influence of environmental factors has been studied both in controlled laboratory conditions under periodic cultivation mode and in active and passive systems for treatment of water, contaminated with heavy metals under continuous operation mode. The monograph includes data from a number of chemical and microbiological studies using the donors of electron lactate and acetate, which are the most preferred sources of carbon and energy for the two groups of bacteria - SRB, which oxidize incompletely organic compounds to acetate, and SRB, which completely oxidize organic compounds to CO<sub>2</sub>. The last chapter of the monograph is dedicated to the effectiveness of dissimilatory microbial sulfate reduction in active and passive systems. Examples of the treatment of water, contaminated with heavy metals and arsenic in the realization of the process in a sulfidogenic bioreactor and in passive biochemical reactors are presented.

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

**III.2. 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).**

## РЕЗЮМЕ

Кисели дренажни води (pH 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 H<sub>2</sub>S. Данните от SEM/EDS и рентгеновата дифракция доказват, че тежките метали са утаени главно под формата на съответните неразтворими сулфи. 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.

## 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/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 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 H<sub>2</sub>S. 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.

**III.3. Georgieva T., Evstatieva Y., Savov V., Bratkova S., Nikolova D., Assessment of plant growth promoting activities of five rhizospheric *Pseudomonas* strains, Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, Vol. 16, 2018, pp. 285-292, Online ISSN: 1878-8181, (Scopus).**

**Георгиева Т., Евстатиева Я., Савов В., Браткова С., Николова Д., Оценка на стимулиращи растежа на растенията активности на пет ризосферни щамове от р. *Pseudomonas*, Списание: Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, Том 16, 2018, стр. 285-292, Online ISSN: 1878-8181, (Scopus).**

## РЕЗЮМЕ

Много щамове от различни видове, принадлежащи към род *Pseudomonas* са доказани като важни ризобактерии, стимулиращи растежа на растенията, поради способността им да разтварят на хранителни вещества, да продуцират различни метаболити и ензими, да притежават антимикробни активности и др. В настоящото изследване пет ризосферни щамове от р. *Pseudomonas* са характеризирани и идентифицирани като потенциални ризосферни бактерии, стимулиращи растежа на растенията. Профилът на асимилация на субстрати (API 20NE) и нуклеотидните последователности на 16S rRNA ген са използвани за идентифициране на четири щамове ризосферни изолата. Изследваните щамове показват специфичен профил на активности, свързани с директни и индиректни механизми за подобряване на растежа на растенията. Щамът *Ps. putida* BTCC1046 показва комплекс от активности, стимулиращи растежа на растенията, включително способност за мобилизиране на Р, производство на фосфатази и литични ензими, производство на сидерофори и активност срещу два бактериални фитопатогена. Другият щам *Pseudomonas* sp. 1S4 се прояви като биоагент със силно противогъбично действие. Изследваните щамове *Pseudomonas* имат потенциал за използване в селското стопанство като биоагенти.

## ABSTRACT

Many strains from different species of genus *Pseudomonas* are proven as important plant growth promoting rhizobacteria, because of their ability to solubilization of nutrients, producing of different metabolites and enzymes, antimicrobial activities, etc. The five rhizospheric *Pseudomonas* strains were characterized and identified as potential plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in the present study. Substrates assimilation profile (API 20NE) and 16S rRNA gene nucleotide sequences were used for identification of the four strains rhizospheric isolates. The studied strains demonstrate the specific composition of activities associated with direct and indirect mechanisms of plant growth promotion. The strain *Ps. putida* BTCC1046 showed a complex of PGP-activities including ability for P-solubilization, production of phosphatases and lytic enzymes, siderophore production and activity against two bacterial phytopathogens. The other strain *Pseudomonas* sp. 1S4 is considered as

bioagent with strong antifungal activity. The investigated *Pseudomonas* strains have the potential to be used in agriculture as bioagents.

**III.4. Zaneva-Dobranova, E., Hristov, N., Bratkova, S., *Methodology for assessing a potential surface hydrocarbons leakage from faults*, International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 2019, Vol. 19 (1.2), pp. 993-1000, (Scopus).**

**Занева-Добранова, Е., Христов Н, Браткова С., *Методология за оценка на потенциално повърхностно изтичане на въгледороди от разломи*. Международна мултидисциплинарна научна конференция за гео науки и минно-екологичен мениджмънт (SGEM 19), 2019, Том 19, 1-2, стр. 993-1000, (Scopus).**

#### **РЕЗЮМЕ**

Работата представя и валидира методология за оценка на повърхностно разсейване на въгледороди, което се наблюдава в близост до природни обекти и технологични съоръжения. Резултатите от прилагането на тази методика могат да се използват при оценката на потенциалните рискове за околната среда, степента на замърсяване на околната среда, зоните на влияние на замърсяване и др., както и при предприемане на адекватни действия за предотвратяване на възможни аварийни ситуации.

#### **ABSTRACT**

The work presents and validates the methodology for assessing surface hydrocarbon dissipation which is observed in the vicinity of natural sites and technological facilities. The results of the application of this methodology can be employed in the assessment of the potential environmental risks, the degree of environmental pollution, the influence areas of pollution, etc. and in taking adequate actions to prevent possible emergency situations.

**III.5. Savov P., Vatzkitcheva M., Velichkova K., Kolev N., Genova P., Nikolova K., Bratkova S., *Influence of Vegetation on the Thermal Balance of Different Soil Types Used for Recultivation*, Ecologia Balkanica, 2019, Vol. 11, Issue 1, pp. 127-136. ISSN: 1314-0213, Online ISSN: 1313-9940, (Scopus).**

**Савов П., Вацкичева М., Величкова К., Колев Н., Генова П., Николова К., Браткова С., *Влияние на растителността върху топлинния баланс на различни типове почви, използвани за рекултивация*, Списание: Ecologia Balkanica, 2019, Том. 11, Св. 1, стр. 127-136. ISSN: 1314-0213, Online ISSN: 1313-9940, (Scopus).**

#### **РЕЗЮМЕ**

Проведени са експерименти с васкуларна растителност - универсална тревна смес (*Lolium perenne rosemary* 30%, *Lolium perenne esquire* 25%, *Festuca rubra casanova* 25%, *Festuca rubra gondolin* 20%). В изследването са използвани минерални отпадъци със силно кисела реакция и почви от три района – София, Челопеч и Горубляне. Почвите са с различно съдържание на хумус, азот, механичен състав и реакция на почвата. Растенията се развиват най-добре на почвата от София, която е с най-високо съдържание на хумус и азот. Разликите в свежото и сухо тегло на надземната биомаса на растенията, вегетиращи на различните почви през юни и юли са много по-значими от получените през октомври. Данните за биомасата за есенния сезон предполагат, че по-високото съдържание на глина и по-високата почвена реакция на почвата от Горубляне значително намаляват количеството биодостъпна за растенията фракция замърсители. Втората част на тази статия се фокусира върху измерванията и анализа на топлинните процеси в активния слой. Целите са да се определят топлинните

свойства на почвата, процесите на пренос на топлина и да се използва термичен модел, да се определи топлинният поток на повърхността на почвата при атмосферно въздействие. Този модел е валидиран с помощта на температурата на почвата и микрометеорологични данни от полевите измервания.

## ABSTRACT

Vascular vegetation experiments were carried out with a universal grass mix (*Lolium perenne* rosemary 30%, *Lolium perenne* esquire 25%, *Festuca rubra* casanova 25%, *Festuca rubra* gondolin 20%). In this study were used mineral waste with a strong acid reaction and soils from three regions - Sofia, Chelopech and Gorubliane. The soils had different contents of humus, nitrogen, mechanical composition and soil reaction. The plants had the best growth on the soil from Sofia, which had the highest humus and nitrogen content. The differences in fresh and dry weight of above-ground biomass of plants growing on different soils in June and July were much more significant than those obtained in October. Biomass data for the autumn season suggests that higher clay content and higher soil reaction of soil from Gorubliane significantly reduced the amount of bioavailable for plants pollutants fraction. The second part of this paper focuses on measurements and analysis of thermal processes in the active layer. The objectives are to determine the soil thermal properties, heat transfer processes and to use a thermal model, determine soil surface heat flow under atmospheric forcing. This model is validated using soil temperature and micrometeorological data from a field measurements.

**III.6. Panayotova, M., Stoyanov, N., Bratkova, S., *Review of worldwide experience and the European legislation related to groundwater pollution assessment. Pollution indices and criteria., Engineering Geology and Hydrogeology, Vol., 33, pp. 51-66, 2019, ISSN 0204-7934 (Print), ISSN 2738-6996 (Online) (Scopus).***

**Панайотова М., Стоянов Н., Браткова, С., *Преглед на световния опит и Европейското законодателство, свързани с оценяване на замърсяването на подземните води. Показатели и критерии за замърсяване., Списание: Engineering Geology and Hydrogeology, Том 33, стр. 51-66, 2019, ISSN 0204-7934 (Print), ISSN 2738-6996 (Online) (Scopus).***

## РЕЗЮМЕ

Направен е кратък преглед на Европейското законодателство, свързано с опазване на подземните води и транспонирането му в Р България. Посочени са основните ръководства, подпомагащи изпълнението на изискванията, поставени от Рамковата директива за водите и дъщерните ѝ директиви. Накратко е представен и дискутиран световният научен опит по отношение на оценката на замърсяването на подземните води с помощта на различни показатели и критерии на замърсяване. Описаните индекси и критерии включват фактора на замърсяване (C<sub>fi</sub>), степента на замърсяване (C<sub>d</sub>), модифицираната степен на замърсяване (mC<sub>d</sub>), обобщения индекс на замърсяване (CI), индекса на замърсяване с метали (MPI), индекса на риска от замърсяване на подземни води (GRID), индекса на натоварване със замърсители (PLI), индекса на замърсяване с тежки метали (HPI), индекса за оценка на тежките метали (HEI), индекса на Немеров (PI), индекса на замърсяване с даден елемент – метал (ECI) и общия индекс на замърсяване с метали (MCI).

## ABSTRACT

A brief review of the European legislation related to groundwater protection and the legislation's transposition in Bulgaria has been made. The existence of the necessary regulatory framework for ensuring groundwater protection has been pointed out. The basic guidance documents that help to meet the requirements set out in the Water Framework Directive and its daughter directives are outlined. The worldwide scientific experience regarding introduction of different indices and criteria

for assessing the groundwater pollution is briefly presented and discussed. The outlined indexes and criteria include the contamination factor (C<sub>fi</sub>), the degree of contamination (Cd), the modified degree of contamination (mCd), the contamination index (CI), the metal pollution index (MPI), the groundwater risk index (GRID), the pollution load index (PLI), the heavy metal pollution index (HPI), the heavy metal evaluation index (HEI), the Nemerow index (PI), the elemental (metal) contamination index (ECI) and the overall metal contamination index (MCI).

**III.7. 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)**

**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)**

## 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/m<sup>2</sup> 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%).

## 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/m<sup>2</sup> 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.

**III.8. Hristov N., Meracheva G., Bratkova S., *Methodical Approach For Forecasting Possible Zones Of Fault Systems Leakage Related To Hydrocarbon Accumulations*, Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 2021, Vol. 56 (3), pp. 609-614, ISSN 314-7471 (print) ISSN 1314-7978 (on line). (Scopus)**

**Христов Н., Мерачева Г., Браткова С., *Методичен подход за прогнозиране на възможно изтичане от въгледородни акумулации привързани към разломни зони*, Списание: Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 2021, Том 56 (3), стр. 609-614, ISSN 314-7471 (print) ISSN 1314-7978 (on line). (Scopus)**

## **РЕЗЮМЕ**

Настоящото изследване предлага иновативен методологичен подход за оценка на херметичността на разломни системите и прогнозиране на възможни области на изтичане, свързани със съществуващи или потенциални обекти с акумулация на въгледороди. Пряко доказателство за степента на херметичност на въгледородна система, свързана с или близо до установени или потенциални разломи, е регистрирането на освободените минимални количества газообразни въгледородни компоненти от хомоложен ред C1-C5 в повърхностните слоеве на почвата и скалите. Те могат да бъдат регистрирани на качествено и количествено ниво чрез съвременна методика, която позволява диференциране на произхода на газовите прояви. Предложеният методичен подход има комплексен характер и включва група гео-биохимични методи – газова хроматография, микробиологични и молекулярно-генетични анализи. Изследването има поетапен и последователен характер - определяне на кларк и надкларк стойности на изследваните компоненти в избрана област с анализ на тяхната генетична природа, изследване на специфични за конкретните условия микробиологични маркери. Получените резултати могат да оценят текущото състояние на изследван обект по отношение на неговата херметичност, могат да се дадат прогнозни оценки, възможни рискови ситуации и тяхното предотвратяване. Предложеният методически подход е приложим за наблюдение на изтичане на газ от геоложки и технологични обекти, свързани със съхранение и транспортиране на въгледородни продукти с прогнозиране на нежелани последствия.

## **ABSTRACT**

The present study proposes an innovative methodological approach for assessing the tightness of fault systems and forecasting possible areas of faults leakage associated with existing or potential sites with hydrocarbon accumulations. Direct evidence of the degree of tightness of a hydrocarbon system associated with or close to established or potential faults is the registration of the released minimum amounts of gaseous hydrocarbon components of the homologous order C1-C5 in the surface layers of soil and rocks. They can be registered on a qualitative and quantitative level by using a modern methodology that allows differentiation of the origin of gas effusions. The proposed methodical approach has a complex character and includes a group of geo-biochemical methods – gas chromatography, microbiological and molecular genetical. The research has a phased and consistent nature - determining the clarke and over clarke values of the studied components in a selected area with analysis of their genetic nature, the study of microbiological markers specific to the specific conditions. The obtained results can assess the current state of a researched site in terms of its tightness, prognostic assessments, possible risk situations and their prevention can be given. The

proposed methodological approach is applicable for monitoring gas leakage from geological and technological sites related to storage and transportation of hydrocarbon products, with forecasting of undesirable consequences.

**III.9. Nikolova K., Bratkova S., Genova P., Ivanov R., *Use of rhizospheric microflora and/or humic acids for grass vegetation enhancement in reclamation of post-mining areas*, Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 2021, Vol. 56 (3), pp. 621-628, ISSN 314-7471 (print) ISSN 1314-7978 (on line). (Scopus).**

**Николова К., Браткова С., Генова П., Иванов Р., *Приложение на ризосферна микрофлора и/или хуминови киселини за подобряване на тревната растителност при рекултивация на постминни терени*, Списание: Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 2021, Том 56 (3), стр. 621-628, ISSN 314-7471 (print) ISSN 1314-7978 (on line). (Scopus).**

#### **РЕЗЮМЕ**

Изследването е свързано с проучване на възможностите за подобряване на растежа на смесена тревна растителност при рекултивация на пост-минни терени. Проведени са полеви опити, като е оценен ефектът от смесени микробни култури от седем щама ризосферна микрофлора от родовете *Bacillus* и *Pseudomonas* и/или хуминови киселини. Най-голям положителен ефект се наблюдава при третиране на тестовите площи с комбинация от ризосферна микрофлора и хуминови киселини.

#### **ABSTRACT**

This study performed an investigation of the possibilities of improvement the plant growth of mixed grass vegetation at the reclamation of post-mining areas. The field experiments were implemented as there was evaluated the effect of the applied mixed cultures of seven strains of rhizospheric microflora belonging to the genera *Bacillus* and *Pseudomonas* and/or humic acids. The greatest positive impact was observed when the test areas were treated in combination of rhizospheric microflora and humic acids.

**III.10. Angelov A., Bratkova S., Velichkova P., *Integration of microbial fuel cells in a system for biomethanation and photosynthesis*, Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 2021, Vol. 56(4), pp. 796-803, ISSN 314-7471 (print) ISSN 1314-7978 (on line). (Scopus).**

**Ангелов А., Браткова С., Величкова П., *Интегриране на микробни горивни клетки в система за биометанизация и фотосинтеза*, Списание: Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 2021, Том 56(4), стр. 796-803, ISSN 314-7471 (print) ISSN 1314-7978 (on line). (Scopus).**

#### **РЕЗЮМЕ**

Процес на биометанизация на спиртна шлемпа в зоната на анода на интегрирана микробна горивна клетка (МГК) е комбиниран с процес на аеробна фотосинтеза на микроводорасли в катодната зона. Установена е динамиката на основните технологични параметри в зоната на биоанода и биокатода на МГК. При интегрирането на горивния елемент е постигнато е отстраняване на  $H_2S$  от състава на биогаза, както и по-висока степен на минерализиране на органичния субстрат при работа на горивния елемент с електрически товар, в сравнение с режима на работа без товар. В зоната на биокатода е установена динамиката на потенциала на катода през различните фази на фотосинтезата. Постигнати са максимални стойности на плътността на мощността и тока съответно -  $27,4 \text{ mW/m}^2$  и  $68 \text{ mA/m}^2$  през Log фазата от култивирането на оксигенните микроводорасли.

## ABSTRACT

In the ethanol stillage biomethanation system a microbial fuel cell (MFC) is integrated in the anode area when combined with a process of aerobic photosynthesis of microalgae in the cathode zone. The dynamics of the main technological parameters in the area of the bioanode and biocathode of MFC has been established. Elimination of  $H_2S$  from the composition of biogas has been achieved in the integration of the fuel products by achieving a higher degree of mineralization of the organic substrate under the load of fuel products compared to the modes of operation without electric load. The dynamics of the cathode potential during the different phases of photosynthesis has been established in the biocathode zone. Maximum values for power and current densities were achieved – 27.4 mW  $m^{-2}$  and 68 mA  $m^{-2}$ , respectively, during the Log phase of the cultivation of oxygen microalgae.

**III.11. Panayotova M., Dimovski S., Stoyanov N., Bratkova S., Angelov A., *Surface water and groundwater pollution from old uranium mining site and hydro-chemical indicators for its express assessment - a case study*, 21st International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2021, ISSN 1314-2704. (Scopus).**

**Панайотова М., Димовски С., Стоянов Н., Браткова С., Ангелов А., *Замърсяване на повърхностни и подземни води от стар уранодобивен обект и хидрохимични показатели за експресна оценка – случай от практиката*, Сборник с доклади от 21-та Международна Мултидисциплинарна Научна Гео Конференция (SGEM 2021), ISSN 1314-2704. (Scopus).**

## РЕЗЮМЕ

Старите затворени уранови мини могат да бъдат значителен източник на замърсяване на околната среда и опасност за човешкото здраве. Проблемът може да стане по-сериозен с времето поради ерозия, ако мерките за рекултивация не са правилно поддържани. В България има много уранови мини, които дори затворени през 90-те години на миналия век могат да бъдат източник на замърсяване на повърхностните и подземните води в региона. Чрез хидравлични връзки те могат да замърсят преминаващи наблизо реки. Целта на настоящата работа беше да се провери хипотезата за възможно замърсяване на водите, причинено от затворена и рекултивирана преди около 20 години уранова мина, на примера на мина Елешница. Направено е задълбочено проучване на литературните източници (публикации, дисертации, доклади през последните 20-25 години), представящи главно данни за параметрите на повърхностните и подземните води в региона, валежите, връзката повърхностни - подземни води, както и рекултивацията на рудника. Данните бяха систематизирани, комбинирани с нашите *in situ* измервания, пробонабирания и анализи, и статистически обработени. Установено е, че сулфатите ( $SO_4^{2-}$ ) и манганът (Mn) са основните замърсители както в повърхностните, така и в подземните води, освен урана (U) и общата радиоактивност. Добрата новина е, че като цяло през последните години концентрациите на  $SO_4^{2-}$  и Mn не показват тенденция към нарастване. Обработката на данните показва наличието на значима корелация между електропроводимостта на водата (EC) и  $SO_4^{2-}$  в изследвания регион - както при повърхностни, така и при подземни води. Повишената EC също е индикативен параметър за неогенно замърсяване на подземните води с U. Повишените концентрации на ( $SO_4^{2-}$ ) обикновено предполагат повишени концентрации Mn. Поради това, повишените стойности на EC могат да се използват за експресна оценка на възможно замърсяване на водата със  $SO_4^{2-}$ , Mn (и U за дълбоки подземни води), причинено от минна дейност в съответния район. В допълнение,  $SO_4^{2-}$ , като подвижен и характерен замърсител, могат да се използват за моделиране на разпространението на замърсяването.

## ABSTRACT

Old closed uranium mines can be a significant source of environmental pollution and hazards to human health. The problem could become more severe in time due to erosion if the restoration measures are not properly maintained. There are many uranium mines in Bulgaria that, even closed in the 1990s, could be a pollution source for surface and groundwater in their region. Through hydraulic connections, they can contaminate the rivers passing nearby. The aim of the present work was to check the hypothesis of a possible water pollution caused by a uranium mine closed and reclaimed about 20 years ago, based on the example of Eleshnitsa mine. Extensive literature survey was carried out on the publications (papers, dissertations, reports in the recent 20-25 years) presenting mainly data on parameters of surface and groundwater in the region, precipitation, surface - groundwater connection but also - mine restoration. The data were systematized, combined with our in situ measurements, sampling and analyses, and statistically processed. It has been found that sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) and manganese (Mn) are the main pollutants both in surface and groundwater, besides uranium (U) and total radioactivity. The good news are that generally in the recent years concentrations of  $\text{SO}_4^{2-}$  and Mn do not show a trend to an increase. Data processing exhibited existence of a significant correlation between water conductivity (EC) and  $\text{SO}_4^{2-}$  in the studied region - both for surface and groundwater. Increased EC is also an indicative parameter for Neogene groundwater pollution with U. Elevated concentrations of  $\text{SO}_4^{2-}$  are generally suggestive for increased Mn concentrations. Thus the increased values of EC can be used for an express assessment of possible water pollution with  $\text{SO}_4^{2-}$ , Mn (and U for deep groundwater) caused by mining activity in the respective area. In addition,  $\text{SO}_4^{2-}$ , as a mobile and characteristic pollutant, can be used to model the contamination spreading.

**III.12. Bratkova S., *Formation and characterization of acid mine drainage in the Madzharovo ore field, Southeastern Bulgaria*, Engineering Geology and Hydrogeology, 2021, Vol. 35 (1), pp. 41-50, ISSN 0204-7934 (Print), ISSN 2738-6996 (Online). (Scopus).**

**Браткова С., *Формиране и характеристика на кисели руднични води в Маджаровското рудно поле, Югоизточна България*, Списание: Engineering Geology and Hydrogeology, 2021, Том 35 (1), стр. 41-50, ISSN 0204-7934 (Print), ISSN 2738-6996 (Online). (Scopus).**

#### РЕЗЮМЕ

Формирането на кисели руднични води (КРВ) е тежък екологичен проблем в районите с минно-добивен и преработвателен отрасъл в световен мащаб. Генерирането им е свързано с протичане на химични и биологични процеси на окисление на сулфидните минерали, главно на пирита. Източници на КРВ могат да бъдат находища на сулфидни минерали и възглища с високо съдържание на пиритна сяра, минни отпадъци и някои хвостохранилища. Въздействието на КРВ върху повърхностните и подземните води в райони с минно-добивна дейност продължава десетки години след прекратяване на добива. Пример за негативното въздействие на генерирани кисели руднични води върху състоянието на повърхностни води е районът на Маджарово. Години след преустановяване на рудодобива, водите в точките на заустване Участък „Момина скала“, Участък „Харман кая“ и Участък „Пандък дере“ се характеризират с ниски стойности на рН и високи концентрации желязо, мед, цинк, кадмий, олово и манган.

#### ABSTRACT

The formation of acid mine drainage (AMD) is a serious environmental problem in areas with mining and processing industries worldwide. Their generation is associated with chemical and biological processes of oxidation of sulfide minerals, mainly pyrite. Sources of AMD can be deposits of sulfide minerals and coal with a high content of pyrite sulfur, mining waste and some tailings. The impact of AMD on surface and groundwater in mining areas continues for decades after the cessation of extraction. An example of the negative impact of generated acid mine drainage on the state of surface

waters is in the region of Madzharovo. Years after the cessation of mining, the waters at the discharge points "Momina Skala", "Harman Kaya" and "Pandak Dere" are characterized by low pH values and high concentrations of iron, copper, zinc, cadmium, lead and manganese.

**III.13. Benderev A., Stoyanov N., Dimovski S., Bratkova S, Mihaylova B., *Manganese pollution of drinking water extracted from the terrace of Vacha River*, REVIEW OF THE BULGARIAN GEOLOGICAL SOCIETY, Vol. 82, part 3, 2021, p. 204–206, ISSN 0007-3938, (Web of science)**

**Бендерев А., Стоянов Н., Димовски С., Браткова С., Михайлова, Б., *Замърсяване с манган на добиваните за пиене подземни води от терасата на р. Въча*, Списание: REVIEW OF THE BULGARIAN GEOLOGICAL SOCIETY, Том 82, Св. 3, 2021, стр. 204–206, ISSN 0007-3938, (Web of science)**

#### РЕЗЮМЕ

Представеното изследване е насочено към установяване на причините за замърсяване с манган на питейните води, постъпващи от терасата на река Въча. Резултатите показват, че това се дължи на инфилтрация от изкуствено езеро, образувано след изграждане на малка водоелектролическа централа. Друга възможна причина е разтварянето на естествено акумулирани, слабо разтворими във вода съединения на мангана в горните части на речната тераса поради промени в окислително-редукционните условия вследствие на много интензивен добив на подземни води.

#### ABSTRACT

The presented study is aimed towards determining the reasons for manganese pollution of drinking water extracted from the terrace of Vacha River. The results show that this is due to the seepage of from the artificial lake, formed after the construction of a small hydropower plant. Another possible reason is the natural accumulation in the upper parts of the river terrace of poorly soluble in water manganese compounds that turn into soluble ones as a result of changes in the redox environment, which take place in the conditions of very intensive groundwater extraction

**III.14. 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).**

#### 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. Повисокото 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.

#### 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.

**III.15. 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).**

**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).**

#### 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  $\text{NH}_4^+$ .

#### 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  $\text{NH}_4^+$  are achieved.

**III.16. 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).**

**Ангелов А., Браткова С., Иванов Р., Величкова П., *Третиране на кисели руднични води в биоелектрохимична система, базирана на анодна микробна сулфат-редукция*, Списание: Journal of Ecological Engineering, 2023, Том 24(7), стр. 175-186, ISSN 2299-8993, (Scopus).**

## 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 ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  и  $\text{Zn}^{2+}$ ). 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  $\text{H}_2\text{S}$  в анодната зона. Произведеният  $\text{H}_2\text{S}$ , имащ ролята на медиатор в преноса на електрони се окислява на анодната повърхност до  $\text{S}^0$  и други форми на сярата. Установена е и приложимостта на отпадъчната спиртна шлемпа като евтин и достъпен органичен субстрат за процеса МСР. Тежките метали ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  и  $\text{Zn}^{2+}$ ) 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  $\text{Cu}^{2+}$  достига 94,6% (при използване на отпадъчна спиртна шлемпа) и 98,6% (при използване на среда на Postgate). По отношение на  $\text{Ni}^{2+}$  и  $\text{Zn}^{2+}$  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  $\text{Cu}^{2+}$  – 99,9%,  $\text{Ni}^{2+}$  – 65,9% и  $\text{Zn}^{2+}$  – 64,0%. За 96 часа отстраняването на сулфати в режим МЕК е 69,9%, а в режим на МГК – 35,2%.

## 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 ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  and  $\text{Zn}^{2+}$ ) 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%.

**III.17. Angelov A., Bratkova S., Ivanov R., Velichkova P., *Removal of  $H_2S$  and  $CO_2$  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).**

**Ангелов А., Браткова С., Иванов Р., Величкова П., *Отстраняване на  $H_2S$  и  $CO_2$  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).**

## РЕЗЮМЕ

Изследвана е биоелектрохимична система (БЕС), съчетаваща оксигенна и аноксигенна фотосинтеза. Установена е възможността за подобряване състава на биогаза чрез отстраняване на  $H_2S$  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  $H_2S$  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  $H_2S$  и значително намаляване на  $CO_2$  (81÷85 %), при което съдържанието на  $CH_4$  в биогаза се повишава до 94,1÷96,2 %.

## ABSTRACT

A bioelectrochemical system (BES) combining oxygenic and anoxygenic photosynthesis was investigated. The possibility of improving the composition of biogas by removing  $H_2S$  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  $H_2S$  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  $\text{H}_2\text{S}$  and a significant removal of  $\text{CO}_2$  ( $81 \div 85$  %) were achieved, where the  $\text{CH}_4$  content in the biogas reached  $94.1 \div 96.2$  %.

**III.18. 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).**

**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).**

## 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  $\text{H}_2\text{S}$ , 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 контактно 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  $\text{H}_2\text{S}$ , 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  $29 \text{ W/m}^2$  и  $115 \text{ mA/m}^2$ .

## 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  $\text{H}_2\text{S}$  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  $\text{H}_2\text{S}$  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  $29 \text{ W/m}^2$  and  $115 \text{ mA/m}^2$ , respectively.

III.19. Velichkova P., Meracheva G., Hristov N., Bratkova S., Zaneva-Dobranova E., *Study of opportunities for assessment of tightness of fault systems in Northwest Bulgaria through a combination of gas chromatography and molecular-genetic methods*, *Ecologia Balkanica*, 2023, Vol. 15, Issue 2, pp. 47-57. ISSN: 1314-0213, Online ISSN: 1313-9940, (Scopus).

Величкова П., Мерачева Г., Христов Н., Браткова С., Занева-Добранова Е., *Проучване на възможностите за оценка херметичността на разломни системи в Северозападна България чрез комбинация от газова хроматография и молекулярно-генетични методи*, *Списание: Ecologia Balkanica*, 2023, Vol. 15, Issue 2, pp. 47-57. ISSN: 1314-0213, Online ISSN: 1313-9940, (Scopus).

## РЕЗЮМЕ

Обект на изследването е източната част на Западния Предбалкан (Северозападна България). При предишни изследвания с газова хроматография (GC) бяха открити аномалии в съдържанието на C2-C5 алкани в повърхностните слоеве на почвите. В настоящото изследване GC методите бяха комбинирани с микробиологични анализи на десет проби. Като газ-хроматографският, така и микробиологичният метод доказват наличието на въглеводороди в почвите на изследваната територия. Концентрацията на C1 е между 19 и 98 ppm; 8-115 ppm от C2; 1-15 ppm от C3; 1-8 ppm от nC4; и 1-3 ppm от nC5. Броят на C2-, C3- и nC4- окисляващи бактерии в почвата е определен с помощта на стандартен микробиологичен метод. В изследвания район броят на бактериите, окисляващи въглеводороди варира между  $10^5$  и  $10^7$  CFU/g почва. Посредством 16 S rDNA секвениране беше извършена молекулярно генетична идентификация на доминантни микробни щамове, окисляващи C2-C4 алкани от пет пробни точки с аномалии. Установено е наличието на типични алканразграждащи бактерии от родовете *Arthrobacter*, *Flavobacterium* и *Pseudomonas*. В района на разломите не се наблюдават по-високи концентрации на въглеводородите в сравнение с целия район на изследване. В сравнение с геоложките данни, в изследването не се доказва ролята на основните разломи в осигуряването на пътища за миграция на газ към повърхността. Разработената методика може да се прилага както за оценка на залежите на въглеводороди, така и за оценка на херметичността на подземни газови хранилища, която е основният критерий за продължителна експлоатация на съоръженията.

## ABSTRACT

The object of the study is the Eastern part of the Western Fore-Balkan (Northwestern Bulgaria). In previous gas chromatography (GC) studies abnormalities in the content of C2-C5 alkanes in the surface layers of soils were found. In the present study, GC methods were combined with microbiological analyses of ten sample points. Both, GC and microbiological methods prove the presence of hydrocarbons in the soils of the study area. The concentration of C1 was between 19 and 98 ppm; 8-115 ppm of C2; 1-15 ppm of C3; 1-8 ppm of nC4; and, 1-3 ppm of nC5. The numbers of C2-, C3- and, nC4- soil oxidizing bacteria have been determined using a standard microbiological method. In the study area, the hydrocarbon oxidizing bacterial count ranged between  $10^5$  and  $10^7$  CFU/g of soil. By 16 S rDNA sequencing molecular genetic identification of dominant microbial strains, oxidizing C2-C4 alkanes from five sample points with abnormalities was performed. The presence of typical alkane-degrading bacteria belonging to the genera *Arthrobacter*, *Flavobacterium* and *Pseudomonas* was established. In the area of faults, higher values of hydrocarbons are not observed, compared to the entire study area. Compared to geological data, the role of major faults in providing pathways for gas migration to the surface is not proven. The developed methodology can be applied both in the assessment of hydrocarbon deposits and in the assessment of the tightness of underground gas storage which is the main important rule to have long exploitation of the facility.

III.20. Bratkova S., Kaisheva A., Manukyan V., *Effect on phosphate solubilization of four Bacillus strains, isolated from calcareous soils*, First National Conference of Biotechnology, Sofia 2014, Annuaire de l'Université de Sofia "St. Kliment Ohridski" Faculte de Biologie, 2015, Vol. 100 (4), pp. 21-31.

Браткова С., Каишева А., Манукян В., *Влияние на четири щама от р. Bacillus, изолирани от калкретизирани почви върху разтварянето на фосфати*, Първа национална конференция по Биотехнология, 17-18 октомври, София, Биологически факултет, 2014. Годишник на СУ „Св. Климент Охридски“ Биологически факултет, 2015, Том 100, Св. 4, стр. 21-31.

#### РЕЗЮМЕ

Изследвано е разтварянето на фосфати от четири щама, принадлежащи към видовете *B. subtilis* и *B. amiloliquefaciens*. Щамовете са изолирани от ризосфера на *Cichorium intybus* (Обикновена цикория), вегетираща върху калкретизирани почви. Фосфат-мобилизиращата активност е определена чрез използването на среда на Пиковская. Концентрацията на разтворени фосфати се повишава от 28 до 56 mg/l при различните щамове. Също така, и четирите щамове продуцират индол-3-оцетна киселина. В съдови опити е изследвано влиянието на щамовете върху *Lepidium sativum* L. (Крес). Два типа субстрати са използвани: перлит и перлит, смесен с 0,1%  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ . В първия случай растенията за подхранвани с хранителен разтвор, съдържащ всички необходими хранителни вещества. Хранителният разтвор за растенията, вегетиращи върху перлит, смесен с 0,1%  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$  не съдържа източник на фосфор. Свежото и сухото тегло на биомасата на третираните растения и при двата експеримента е по-голямо от това на контролата с 8 до 50%.

#### ABSTRACT

The phosphate solubilization by four strains belonging to the species *B. subtilis* and *B. amiloliquefaciens* were studied. The strains were isolated from rhizosphere of *Cichorium intybus* (Common chicory), inhabiting calcareous soils. The phosphate solubilizing activity was determined by using Pikovskaya's medium. The concentration of dissolved phosphate increased by 28 to 56 mg/l for different strains. Also, all four strains produce Indole-3-acetic acid. The effect of strains on growth of *Lepidium sativum* L. (Cress) in vivo was evaluated in pot vegetative experiments. Two type of substrates were used: perlite and perlite mixed with 0,1%  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ . In the first case the plants are fed with a nutrient solution which contains all required nutrients. The nutrient solution for plants, growing in perlite mixed with  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$  didn't contain any source of phosphorous. The fresh and dry shoot weight of treated plants in both experiments were above those of controls by 8 to 50%.

III.21. 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.

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.22. 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).**

**Браткова С, Иванов Р., Ангелов А., Николова К., *Влияние на контактното време върху работата на микробна горивна клетка, интегрирана в анокисчен 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 pH 4,5 са пречиствани чрез анокисчен алкален дренаж (ААД) с интегрирана микробна горивна клетка. Дизайнът на ААД е паралелепипед с обем 16 dm<sup>3</sup>, който е запълнен с 4.5 kg смесена твърда органична материя (гореща 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  $K_3[Fe(CN)_6]$ . 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 контактно време 6 д са получени стойности на плътност на мощността в диапазона 1.92 - 1.94 W/m<sup>2</sup>, като плътността на тока е в интервала от 5.0 до 5.7 A/m<sup>2</sup>.

## 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 dm<sup>3</sup>, 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 K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]. The SAPS was inoculated with 100 ml enriched microbial culture of sulfate-reducing bacteria from genera *Desulfotomacillum*, *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/m<sup>2</sup> at a current density within the range 5.0 to 5.7 A/m<sup>2</sup>.

**III.23. Каишева А., Браткова С., Николова Д., Евстатиева Я., Изследване влиянието на три щама от р. *Pseudomonas* върху развитието на бяла детелина (*Trifolium repens* L.), XIII Национална конференция с международно участие по открит и подводен добив на полезни изкопаеми, 01 – 05 Септември 2015, Варна, България, стр. 320-327, ISSN: 1314-8877.**

**Kiaseva A., Bratkova S., Nikolova D., Evstatieva Y., Investigation of the influence of the three strains of p. *Pseudomonas* on the development of white clover (*Trifolium repens* L.), Proceedings of the XIII National conference with international participation of the open and underwater mining of minerals, 01 - 05 September 2015, Varna, BULGARIA, pp. 320-327, ISSN: 1314-8877.**

## **РЕЗЮМЕ**

Проведени са серия лабораторни експерименти върху развитието на бяла детелина (*Trifolium repens* L.), върху калкретизирана почва, третирана с ризосферни бактерии. Семената са инокулирани с три щама, принадлежащи към видовете *Pseudomonas corrugate* RF1, *Pseudomonas putida* RF2 и *Pseudomonas chlororaphis* 1S4 поотделно и в комбинация. При всички изследвани варианти се отчита увеличаване на биомасата на растенията вследствие подобряване на минералното хранене. Силен положителен ефект се установява и върху развитието на кореновата система. Получените лабораторни резултати са в основата на бъдещи изследвания, свързани с биологичната рекултивация на нарушени терени чрез затревяване.

## **ABSTRACT**

Series of laboratory experiments on the development of white clover (*Trifolium repens* L.) upon calcareous soil treated with rhizosphere bacteria are delivered. The seeds are inoculated with three strains belonging to the species *Pseudomonas corrugate* RF1, *Pseudomonas putida* RF2 and *Pseudomonas chlororaphis* 1S4 separately and in combination. In all tested embodiments is reported an increase of the plants biomass as a result of improving mineral nutrition. An intense positive effect is established and on the development of the root system. Laboratory test results are the basis for future research related to biological reclamation of disturbed land through grassing.

**III.24. 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.**

**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.**

#### **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  $K_3[Fe(CN)_6]$  с pH 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.

#### **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  $K_3[Fe(CN)_6]$  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.

**III.25. 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.**

**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.**

#### **РЕЗЮМЕ**

Установени са основните технологични параметри на микробна горивна клетка, базирана на процеса ДМСП 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 – pH, 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.26. 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.**

**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 angustipholia*), 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 показаха, 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 angustipholia*), 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.27. Nikolova K., Angelov A., Bratkova S., Genova P., *Establishment the impact of anodic type on the performance of MFC with H<sub>2</sub>S 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.**

**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.**

#### **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.

#### **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.

**III.28. Panayotova M., Mintcheva N., Gicheva G., Bratkova S., Djerahov L., *Oilfield produced water – chemical composition and assessment of its impact on the environment*, Annual of the University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, Vol. 59, Part II, Mining and Mineral processing, 2016, pp.114-119. ISSN: 1312–1820.**

**Панайотова М., Минчева Н., Гичева Г., Браткова С., Джерахов Л., *Отпадъчна вода от нефтодобив – химичен състав и оценка на въздействието ѝ върху околната среда*, Годишник на Минно-геоложкия университет “Св. Иван Рилски”, Том 59, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2016, стр. 114-119, ISSN: 1312–1820.**

#### **РЕЗЮМЕ**

Отпадъчната вода от добив на суров нефт често е замърсена с нефтопродукти, неразтворени вещества, феноли, тежки метали и микроорганизми. Заустването ѝ в естествени водни тела би могло да доведе до екологични проблеми. Замърсяването затруднява обратното използване на водата. В статията са представени резултатите от анализ на проби от реална производствена отпадъчна вода от предприятие за добив на нефт на територията на Р България – по отношение на химичен състав, физикохимични и микробиологични показатели. Получените данни показват, че отпадъчната вода отговаря на изискванията на законодателството и не може да

бъде евентуален източник на замърсяване на околната среда. Въз основа на теренни наблюдения и резултатите от анализите, може да се заключи, че микробната активност е основна причина за намаляване на полезно сечение на тръбопроводите на предприятието.

#### ABSTRACT

Waste water from crude oil production is often polluted by organic compounds, suspended solids, heavy metals and microorganisms. On one side discharge of oilfield produced water into natural water bodies could lead to environmental pollution and on the other side the contaminants hamper reuse of the water. The article presents the results of analysis of produced water from an oilfield in the Republic of Bulgaria - in terms of chemical composition, physicochemical and microbiological parameters. The data obtained show that produced water meets the legislation requirements and it cannot be considered as a source of environmental pollution. Field observations and analytical results revealed that most probably the microbial activity causes clogging and corrosion of the enterprise pipelines.

**III.29. 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.**

**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.**

#### 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.

#### 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.

**III.30. 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.**

#### **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.  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  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 пречистващите 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.

#### **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.  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  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.

**III.31. 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 заложени 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“, заложена 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.32. Panayotova M., Bratkova S., Stoyanov N., Dimovski S., Panayotov V., *Assessment of the possible negative impact of tailings ponds on soil, surface water and groundwater - a case study, Proceedings of XVII Balkan Mineral Processing Congress (BMPC 2017), pp. 455-463. ISBN: 978-975-7946-42-7.***

**Панайотова М., Браткова С., Стоянов Н. Димовски С., Панайотов В., *Оценка на възможен негативен ефект от хвостохранилище върху почви, повърхностни и подземни води – случай от практиката, Сборник с доклади на XVII Балкански конгрес по обогатяване на полезни изкопаеми (BMPC 2017), стр. 455-463. ISBN: 978-975-7946-42-7.***

## **РЕЗЮМЕ**

Ако бъдат управлявани неправилно, хвостохранилищата за хвостов отпадък могат да бъдат значителен източник на замърсяване на околната среда. В статията е представена методология, разработена за оценка на въздействието на хвостохранилище върху повърхностните и подземните води, както и върху почвата в заобикалящия район. Описан е случай от практиката от прилагането на методологията към хвостохранилище на реална обогатителна фабрика за оловно-цинкова флотация. Въз основа на публикувани данни се коментира и евентуалното въздействие върху въздуха.

## **ABSTRACT**

Mineral processing tailings ponds, if improperly managed, could be a significant source of the environment pollution. The paper presents a methodology developed to assess the impact of a tailings pond on the surface and groundwater, as well as on the soil in the nearby area. A case-study of the

methodology application to a tailings pond of a real lead-zinc flotation factory is described. The eventual impact on the air is also commented, based on public data.

**III.33. 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.**

**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.**

## **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.

## **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.

**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.***

**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 приложна микробиология, Мадрид, Испания, 18-20 октомври, Изследване на микроорганизми: Последни постижения в приложната микробиология, 2018, стр. 40-43.***

#### **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, рН, 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

$\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{KNO}_3$  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/m<sup>2</sup>.

## 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  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{KNO}_3$  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/m<sup>2</sup>.

**III.36. 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.**

## 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.

## 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.

**III.37. K. Nikolova, Bratkova S., P. Genova, *Plant growth-promoting bacteria in combination with humic acids improve growth of white clover (*Trifolium repens* L.) cultivated in poor soils*, Genetics and Plant Physiology, 2019, Volume 9, No 1-2, pp. 64-74, ISSN 1314-6394.**

**Николова К., Браткова С., Генова П., *Бактерии, стимулиращи растежа на растенията в комбинация с хуминови киселини подобряват вегетацията на бяла детелина (*Trifolium repens* L.) върху бедни почви*, Списание: Genetics and Plant Physiology, 2019, Том 9, No 1-2, стр. 64-74, ISSN 1314-6394.**

#### **РЕЗЮМЕ**

Основната цел на това проучване беше да се изследват възможностите за подобряване на растежа на *Trifolium repens* L. (бяла детелина), култивирана в бедна на хранителни вещества почва. Бяха оценени ефектите на смесени култури от седем щамове ризосферна микрофлора, принадлежащи към родовете *Bacillus* и *Pseudomonas* и/или хуминови киселини върху основните биометрични параметри на тестовите растения. Като субстрати са използвани почви с ниско съдържание на хумус и азот. Третирането с хумати показва силен положителен ефект върху растежа на растенията. Наблюдава се увеличаване на свежото и сухото тегло на надземната биомаса съответно със 77% и 120%. Най-добри резултати са получени след прилагане на комбинация от ризосферна микрофлора и хуминови киселини, което води до увеличение на сухата растителна биомаса със 160% над контролата.

#### **ABSTRACT**

The main objective of this study was to investigate the possibilities for improving the plant growth of *Trifolium repens* L. (white clover) cultivated in poor of nutrients soil. The effects of mixed cultures of seven strains of rhizospheric microflora belonging to the genera *Bacillus* and *Pseudomonas* and/or humic acids on the basic biometric parameters of the test plants were evaluated. Soils with low humus and nitrogen contents were used as substrates. Treatment with humates showed a strong positive effect on plant growth. The observed increase of fresh and dry weight of the aboveground biomass was by 77% and 120%, respectively. The best results were obtained after application of a combination of rhizospheric microflora and humic acids resulting in an increase of plant dry biomass by 160% compared with the control.

**III.38. Tsvetkov P., Bratkova S., *Semi-passive treatment of mine waste water in anaerobic conditions*, Journal of Mining and Geological Sciences, 2019, Vol. 62, 2, pp. 179-182. ISSN 2682-9525 (print) ISSN 2683-0027 (online).**

**Цветков П., Браткова С., *Семипасивно третиране на минни отпадъчни води в анаеробни условия*, Списание: Journal of Mining and Geological Sciences, 2019, Том. 62, Св. 2, стр. 179-182. ISSN 2682-9525 (print) ISSN 2683-0027 (online).**

#### **РЕЗЮМЕ**

Проследено е пречистването на синтетични кисели руднични води, имитиращи генерираните в миннодобивната дейност в лабораторна инсталация за анаеробно пасивно третиране. Лабораторната инсталация е изградена от три последователно свързани анаеробни камери,

всяка с обем 15 l. Всеки съд е запълнен със смес от 4.5 kg твърд органичен субстрат (говежда тор, дървени стърготини и сено в съотношение 4:1:1) и 2 kg варовик с размер на частиците 5÷10 mm. Третирият моделен разтвор съдържа  $\text{SO}_4^{2-}$  (3000 mg/l),  $\text{Cu}^{2+}$  (10 mg/l),  $\text{Zn}^{2+}$  (25 mg/l),  $\text{Cd}^{2+}$  (5 mg/l),  $\text{As}^{5+}$  (5 mg/l),  $\text{Fe}^{2+}$  (100 mg/l) и  $\text{Mn}^{2+}$  (20 mg/l). Проведено е пасивно и полупасивно третиране при осигурено контактно време от шест денонощия, като по време на стадия за полупасивно третиране в системата е добавен лактат като допълнителен източник на въглерод и енергия. Установено е, че ефективността на отстраняване на сулфати от водите при пасивно третиране е приблизително 9 %, а при добавяне на лактат в концентрации 1, 2, 3 и 4 ml/l, сулфатите на изхода на инсталацията намаляват съответно с 35.7 %, 67.1 %, 82.3 % и 98.3 %. При всички изследвани режими ефективно се отстраняват йоните на тежките метали – мед, желязо, цинк, кадмий и арсен (97 % – 99.9 %). Степента на отстраняване на мангана е ниска – около 30 %. Получените резултати и направените от нас констатации, биха могли да послужат като основа за изграждане на пилотни инсталации, базирани на полупасивно третиране по установен начин.

## ABSTRACT

In this study synthetic acid mine waters, similar to the naturally generated ones in mines, were treated by a passive system under anaerobic conditions. The constructed laboratory-scaled system consisted of three anaerobic chambers connected sequentially, each one with a volume of 15 l. Each chamber was filled with a mixture of 4.5 kg of solid organic substrate (cattle manure, sawdust and hay in a ratio 4:1:1) and 2 kg of limestone with particles size distribution of 5÷10 mm. The model solution contained  $\text{SO}_4^{2-}$  (3000 mg/l),  $\text{Cu}^{2+}$  (10 mg/l),  $\text{Zn}^{2+}$  (25 mg/l),  $\text{Cd}^{2+}$  (5 mg/l),  $\text{As}^{5+}$  (5 mg/l),  $\text{Fe}^{2+}$  (100 mg/l) and  $\text{Mn}^{2+}$  (20 mg/l). Passive and semi-passive treatment was conducted at a hydraulic retention time of 6 days. During the stage of semi-passive treatment, lactate was added as an additional carbon and energy source. The results demonstrated that the sulphate-removal efficiency from mine waste water by passive treatment was insignificant (approx. 9 %), while the addition of lactate at concentrations of 1, 2, 3 and 4 ml/l increased the removal rate for sulphates as follows: 35.7 %, 67.1 %, 82.3 % and 98.3 %. In all studied regimes the ions of copper, iron, zinc, cadmium and arsenic were effectively removed (97 %-99.9 %). The rate of manganese removal was low (30 %). The results could serve as a basis for the establishment of pilot-scaled installations for semi-passive treatment of acid mine water in the studied manner.

**III.39. Stoyanov, N, Bratkova S., Dimovski S., *Mathematical models of contamination with heavy metals from the abandoned mines in the Madjarovo ore field, Eastern Rhodopes*, Journal of Mining and Geological Sciences, 2019, Vol. 62, 1, pp. 83-88. ISSN 2682-9525 (print) ISSN 2683-0027 (online).**

**Стоянов Н., Браткова С., Димовски С., *Математически модели на замърсяването с тежки метали от закритите мини в Маджаровското рудно поле, източни Родопи*, Списание: Journal of Mining and Geological Sciences, 2019, Том. 62, Св. 1, стр. 83-88. ISSN 2682-9525 (print) ISSN 2683-0027 (online).**

## РЕЗЮМЕ

Разработени са математически филтрационни и миграционни 3D модели на замърсяване на подземните води с изтичащи от старите мини руднични води и възможното дрениране на замърсения подземен поток в р. Арда. Изследвано е поведението на тежките метали Zn, Pb, Cd и Ni във водонаситена среда и са направени оценки за тяхното възможно разпространение във водоносните хоризонти. В миграционните модели е използвана схемата на конвективно-дифузионен пренос на вещество с отчитане на съпътстващите процеси обратимо елиминиране (сорбция-десорбция), механична дисперсия и смесване. Въз основа на моделните решения за района на старите мини в Маджаровското рудно поле е направена оценка на елементите на

водния баланс, определени са съвременните граници и степен на замърсяване на подземните и повърхностните води и е изготвена прогноза за развитието на негативните процеси в периода до 2030 г. Математическите 3D модели са съставени с компютърните програми Modflow и MT3D-MS.

#### **ABSTRACT**

Mathematical 3D models of the flow field and of the mass transport are developed for the groundwater contamination caused by the abandoned mines waters and for the possible drainage of the polluted groundwater flow into the Arda River. Behaviour of heavy metals Zn, Pb, Cd, and Ni in the water-saturated medium is studied and assessments of their possible distribution in the aquifers are made. The scheme of convection-diffusion transport is used in the mass transport models, taking into consideration the complementary processes of reversible elimination (sorption-desorption), mechanical dispersion, and mixing. On the basis of model solutions, the water budget elements are assessed and the current limits and degree of groundwater and surface water pollution are determined for the area of the abandoned mines in the Madjarovo ore field. A prognosis for the expansion of the negative processes in the period up to 2030 is also made. The 3D mathematical models are developed using the computer programmes Modflow and MT3D-MS.

**III.40. Dimovski S., Stoyanov, N, Bratkova S., *A model of the conditions for spontaneous release of biogas from a sanitary landfill in southern Bulgaria*, Journal of Mining and Geological Sciences, 2019, Vol. 62, 1, pp. 95-100. ISSN 2682-9525 (print) ISSN 2683-0027 (online).**

**Димовски С., Стоянов Н., Браткова С., *Модел на условията за спонтанно изтичане на биогаз от депо за неопасни (битови) отпадъци в южна България*, Списание: Journal of Mining and Geological Sciences, 2019, Том. 62, Св. 1, стр. 95-100. ISSN 2682-9525 (print) ISSN 2683-0027 (online).**

#### **РЕЗЮМЕ**

Проучени са условията за спонтанно изтичане на биогаз и причините за последвалото самозапалване на регионалното депо за неопасни (битови) отпадъци край град Хасково, Южна България. Проведено е геофизично изследване по метод ERT (Electrical Resistivity Tomography) и е съставен двумерен геоелектричен модел на сметищното тяло в района на проучвания обект. Геоелектричният модел е трансформиран в антропогенен разрез на засегнатите от пожара работни участъци, който е валидиран с прилаганата технология за депониране на отпадъци и геодезичните измервания на техния обем. Разработен е модел на условията за натрупване, циркулация, формиране на критични количества и взривяване на биогаза, представящ в детайли възможния сценарий за възникване и протичане на подобни инциденти. Предложени са мерки и принципни схеми за ограничаване на взривоопасното натрупване на биогаз в сметищното тяло.

#### **ABSTRACT**

The conditions that lead to a spontaneous release of biogas are studied, as well as the reasons for the following self-ignition of the sanitary landfill situated near the town of Haskovo, Southern Bulgaria. A geophysical survey was performed according to the method of electrical resistivity tomography (ERT) and a two-dimensional geoelectrical model of the sanitary landfill was constructed in the area of the studied site. The geoelectrical model has been transformed into an anthropogenic section of the work areas affected by the fire. The constructed section is in accordance with the applied technology for deposition of waste materials and the geodetic measurements of their volume. A model for the conditions for accumulation, circulation, critical mass formation and biogas explosion has been developed, presenting in detail the possible scenario for the occurrence and the progress of such

incidents. Measures and principle schemes are proposed for limiting the dangerous accumulation of biogas in the sanitary landfill.

**III.41. Цветков П., Браткова С., *Пасивни технологии за пречистване на кисели руднични води*, Минно дело и геология, 2019, Том 10-11, стр. 45-50. ISSN 0861-5713.**

**Tsvetkov P., Bratkova S., *Passive systems for the treatment of acid mine drainage*, Journal "Mining and Geology", Vol. 10-11, pp. 45-50. ISSN 0861-5713.**

## **РЕЗЮМЕ**

Основен екологичен проблем в минно-добивната дейност е генерирането на отпадъчни води с високи киселинност и съдържание на тежки метали, радиоактивни и токсични елементи. За правилното им управление и опазване на околната среда съобразно екологичните норми се провеждат редица проучвания за иновативни методи за третиране на кисели руднични води. Надеждно алтернативно решение в тази област предлагат пасивните технологии за пречистване. Те могат да се моделират съобразно широк спектър от замърсители и да се внедрят ефективно в процесите на третиране на кисели минни води.

## **ABSTRACT**

The main environmental problem of mining activities is the wastewater acid generation with high content of heavy metals, radioactive and toxic elements. In order to properly manage of this problem and environmental protection according to environmental standards, many studies are being conducted on innovative methods for acid mine drainage treatment. A passive treatment technologies are a suitable alternative in this cases. They can be design according to an enormous range of contaminants and effectively implemented in acid mine water treatment processes.

**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.**

**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. Ivanov R., Bratkova S., Genova P., Nikolova K., *Influence of various biological factors on the treatment of water contaminated with petroleum products and electrical parameters in plant sediment microbial fuel cells*, Annals of the „Constantin Brancusi” University of Targu, Jiu, Engineering Series, No. 4, 2019, pp. 65-70, ISSN: 1842-4856.**

**Иванов Р., Браткова С., Генова П., Николова К., *Влияние на различни биологични фактори върху третирането на води, замърсени с нефтопродукти и електрически параметри на растителни седиментни микробни горивни клетки*, Списание: Annals of the „Constantin Brancusi” University of Targu, Jiu, Engineering Series, No. 4, 2019, стр. 65-70, ISSN: 1842-4856.**

## **РЕЗЮМЕ**

Растителните седиментни микробни горивни клетки (РСМГК) са обещаваща нова технология за добив енергия и възстановяване на замърсена гео-среда. Това изследване е свързано с определянето на влиянието на различни биологични фактори (различна водна растителност и микробни процеси) върху степента на пречистване на води, замърсени с нефтопродукти и генерирането на енергия в РСМГК. За целите на изследването са конструирани пет РСМГК с различна растителност (без растителност, *Typha latifolia*, *Phragmites*, *Spartina* и смесена блатна растителност) и е изследван ефектът от три микробни процеса (денитрификация, сулфат-редукция и фериредукция). Най-добри електрохимични параметри и ефект на пречистване на водите се постига в РСМГК, засадена с *Phragmites* и процеса микробна сулфат-редукция.

## **ABSTRACT**

A plant sediment microbial fuel cell (PSMFC) is a promising new technology for harvesting energy and remediating a contaminated geo-environment. This study is related to the determination of the influence of various biological factors (different aquatic vegetation and microbial processes) on the degree of water purification contaminated with petroleum products and the generation of energy in PSMFC. For the purpose of the study, five PSMFCs with different vegetation (without vegetation, *Typha latifolia*, *Phragmites*, *Spartina* and mixed marsh vegetation) were constructed and the effect of three microbial processes (denitrification, sulfate-reduction and ferric reduction) were investigated. The best electrochemical parameters and treatment effect are achieved with the process of microbial sulphate-reduction in PSMFC planted with *Phragmites*.

**III.44. 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.**

**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.**

## РЕЗЮМЕ

Изследвано е влиянието на контактното време върху скоростта на микробната сулфат-редукция при хранене 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/m<sup>2</sup> е получена при 22 ч. контактното 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 *Gammaproteobacteria* – 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%).

## 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/m<sup>2</sup> 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 *Gammaproteobacteria* – 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%).

**III.45. 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.**

**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.**

## 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)<sub>2</sub> 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.

## 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.

**III.46. Panayotova M., Stoyanov N., Bratkova S., Dimovski S., Angelov A., Benderev A., *Unexpected impact of a small hydropower station - a case-study*, The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering & Mathematics (EPSTEM), November 16-19, 2022, Antalya, Turkey, Vol. 21, 8p. ISSN: 2602-3199.**

**Панайотова М., Стоянов Н., Браткова С., Димовски С., Ангелов А., Бендерев А., *Неочаквано въздействие от малка водна електроцентрала – случай от практиката*, Списание: The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering & Mathematics (EPSTEM), ноември 16-19, 2022, Анталия, Турция, Том. 21, 8p. ISSN: 2602-3199.**

## РЕЗЮМЕ

Малките водноелектрически централи (МВЕЦ) са известни като екологично чисти системи, практически лишени от отрицателни въздействия. Тяхното изграждане и използване при недостатъчна предварителна оценка на риска обаче може да доведе до неочаквани последици. Статията представя случай от практиката, при който внезапно високо количество манган (Mn) се появява в питейната вода на село в България. Обстойните проучвания на горещата точка (измервания на място на параметрите на водата в съществуващите и новоизградените кладенци, както и в изкуственото езеро, образувано след изграждането на близката МВЕЦ, химични и някои микробиологични анализи на води) доведоха до заключението, че строителството и експлоатацията на МВЕЦ индиректно улесни процеса на мобилизиране на Mn от естествено образувани утайки. Основната причина е създаването на аноксични условия в богатия на органичен материал седимент на създаденото изкуствено езеро и микробната редукция на четиривалентния манган. Поради хидравличната връзка със системите за добив на питейна вода във водопроводната мрежа се появи Mn.

## ABSTRACT

Small hydropower stations (SHPS) are known as environmentally friendly systems, practically lacking of negative impacts. However, their construction and use with insufficient preliminary risk assessment may lead to unexpected consequences. The paper presents a case-study where suddenly high amount of manganese (Mn) appeared in the potable water of a village in Bulgaria. The

comprehensive studies on the hot spot (in situ measurements of water parameters in the existing and newly drilled wells as well as in the artificial lake formed after nearby SHPS construction, water chemical and some microbiological analyses) have lead to the conclusion that the construction and exploitation of SHPS indirectly has facilitated a process of mobilization of Mn from naturally formed precipitates. The main cause is the creation of anoxic conditions in the organic material-rich sediment of the man-made lake and the microbial reduction of tetravalent manganese. Due to the hydraulic connection with the potable water extraction systems, Mn appeared in the water supply network.

**III.47. 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. Като 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.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).**

**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).**

## **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 Ва, добавен в различни форми -  $\text{Ba}(\text{Cl})_2$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{BaCO}_3$ , ВаS. В настоящото изследване в лабораторна инсталация в непрекъснат режим е извършено баритно утаяване с използване на ВаS. 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 ВаS снижава концентрацията на сулфатите под 200 mg/L, като също така значително се намалява и електропроводимостта на третираните води.

## **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 -  $\text{Ba}(\text{Cl})_2$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{BaCO}_3$ , ВаS. In the present study, barite precipitation with the use of ВаS 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 ВаS effectively reduces the concentration of sulphates below 200 mg/L and the electrical conductivity of the treated waters is significantly reduced.

**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**

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.

## 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  $\text{Cu}^{2+}$  от водите в двата режима, като МГК и МЕК е съответно 69,0% и 95,7%.

## 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  $\text{Cu}^{2+}$  - in both modes as MFC and MEC the rate of reduction was 69,0% and 95,7 % respectively.