Р Е З Ю М Е Т А Н А Н А У Ч Н И Т Е Т Р У Д О В Е

на гл. ас. д-р Полина Георгиева Величкова

представени за участие в конкурс за доцент
по професионално направление 5.11. „Биотехнологии”, научна специалност „Биотехнологии в геоекологията”, обявен от МГУ „Св. Ив. Рилски” в ДВ, бр.79 от 28.08.2026 г.

Хабилитационен труд - научни публикации (не по-малко от 10) в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация (по група показатели В)

II.1. 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. DOI: 10.34049/bcc.54.4.NC03. ISSN: 0324-1130 (SJR=0.17, Q4) (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. DOI: 10.34049/bcc.54.4.NC03. ISSN: 0324-1130 (SJR=0.17, Q4) (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. По-високото приложено напрежение (1,2 V) не повишава съдържанието на метан спрямо процеса на самостоятелно анаеробно разграждане (75 %, об.). Най-добра биоразградимост е постигната при ниско напрежение (0,6 и 0,8 V), като химическата потребност от кислород намалява с 88-89% и се постига пречистване на спиртната шлемпа от сулфати. Оцетната киселина намалява с 96 % при 0,6 V, 95 % при приложено напрежение 0,8 V, 74 % при 1,0 V и 65 % при 1,2 V.

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 andaffect 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 ofethanol 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.

II.2. 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) (SJR=0.253, Q3) (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) (SJR=0.253, Q3) (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 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 NH_4^+ are achieved.

II.3. Angelov A., Bratkova S., Ivanov R., Velichkova P., Algae-assisted bioelectrochemical system with ammonium, sulfide removal and parallel biomethanation, *Bulgarian Chemical Communications*, 2023, Vol. 55(1), pp. 53-60. DOI: 10.34049/bcc.55.1.5544. ISSN 2534-9899 (Online) (SJR=0.17, Q4) (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), стр. 53-60. DOI: 10.34049/bcc.55.1.5544 . ISSN 2534-9899 (Online) (SJR=0.17, Q4) (Scopus).

РЕЗЮМЕ

В двусекционна биоелектрохимична система (БЕС) са комбинирани процесите на биометанизиране на спиртна шлемпа в анодната зона и оксигенна фотосинтеза в катодната зона. В анодната зона се намалява концентрацията на амониевите йони и се отстранява H_2S, 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 H_2S, в течната и газовата фаза в режим на МЕК и частично (78 – 84 %) в режим на МГК. Изследвано е също така влиянието на светлинната и тъмнинната фаза на фотосинтезата върху електрохимичните параметри на МГК, като постигнатите максимални стойности за мощността и плътността на тока са съответно 29 W/m^2 и 115 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 H_2S 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 H_2S is found, in the liquid and gas phases in MEC - mode and partially (78 – 84 %) in MFC -mode. The influence of the photosynthetic phases on the electrochemical parameters of MFC was also investigated, with maximum values for power and current densities of 29 W/m^2 and 115 mA/m^2, respectively.

II.4. 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) (SJR=0.253, Q3) (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), стр. 682-689. ISSN 314-7471 (print) ISSN 1314-7978 (on line) (SJR=0.253, Q3) (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 H2S and carbon dioxide in the anode zone of the bioelectrochemical system and obtaining additional energy has been established. The dynamics of HS^- removal from model solutions in the BES anolyte at 3 operating modes were observed. Complete removal of sulfides in the anodic zone and the anaerobic photobioreactor was found in the BES operating option as a microbial fuel cell (MFC). At the same time, an increase in the concentration of sulfates was observed to varying degrees for the studied variants. The most probable mechanisms for the removal of 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 H_2S and a significant removal of CO_2 (81÷85 %) were achieved, where the CH_4 content in the biogas reached 94.1÷96.2 %.

II.5. Angelov A., Bratkova S., Ivanov R., Velichkova P., Treatment of acid mine drainage in a bioelectrochemical system, based on an anodic microbial sulfate reduction, *Journal of Ecological Engineering*, 2023, Vol. 24(7), pp. 175-186. ISSN 2299-8993. DOI: https://doi.org/10.12911/22998993/164755 (SJR=0.36, Q2) (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. DOI: https://doi.org/10.12911/22998993/164755 (SJR=0.36, Q2) (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 (Cu^{2+}, Ni^{2+} и Zn^{2+}). Като сепаратор в лабораторната БЕС е използвана анийонообменна мембрана (АЕМ), а за донор на електрони за процеса микробна сулфат-редукция в биоанодната зона – отпадъчна спиртна шлемпа от дестилерия. В това изследване беше установена възможността за отстраняване на сулфати от катодната зона чрез принудителната им миграция през АЕМ към анодната зона. Едновременно с това, в резултат на процеса на МСР, сулфатните йони, преминали през АЕМ, се редуцират до H_2S в анодната зона. Произведеният H_2S, имащ ролята на медиатор в преноса на електрони се окислява на анодната повърхност до S^0 и други форми на сярата. Установена е и приложимостта на отпадъчната спиртна шлемпа като евтин и достъпен органичен субстрат за процеса МСР. Тежките метали (Cu^{2+}, Ni^{2+} и Zn^{2+}) в катодната камера на БЕС се отстраняват в различна степен. При режим микробна горивна клетка (МГК), работеща в продължение на 120 часа, степента на редукция на Cu^{2+} достига 94,6% (при използване на отпадъчна спиртна шлемпа) и 98,6% (при използване на среда на Postgate). По отношение на Ni^{2+} и Zn^{2+} не се установява значително намаляване на техните концентрации в течната фаза. При работа на БЕС в режим на микробна електролизна клетка (МЕК) е постигнато намаление на Cu^{2+}– 99,9%, Ni^{2+}– 65,9% и Zn^{2+}– 64,0%. За 96 часа отстраняването на сулфати в режим МЕК е 69,9%, а в режим на МГК – 35,2%.

ABSTRACT

The possibilities of simultaneous removal of sulfates and heavy metals (Cu, Ni, Zn) from acid mine drainage have been investigated in two-section bioelectrochemical system (BES). The used BES is based on the microbial sulfate reduction (MSR) process in the anode zone and abiotic reduction processes in the cathodic zone. In the present study, the model acid mine drainage with high sulfate (around 4.5 g/l) and heavy metals (Cu^{2+}, Ni2+ and Zn^{2+}) content was performed. As a separator in the laboratory, BES used an anionic exchange membrane (AEM), and for electron donor in the process of microbial sulfate reduction in the bioanode zone – waste ethanol stillage from the distillery industry was employed. In this study, the possibility of sulfates removal from the cathodic zone was established by their forced migration through AEM to the anode zone. Simultaneously, as a result of the MSR process, the sulfate ions passed through AEM are reduced to H_2S in the anode zone. The produced H_2S, having its role as a mediator in electron transfer, is oxidized on the anode surface to S^0 and other forms of sulfur. The applicability of waste ethanol stillage as a cheap and affordable organic substrate for the MSR process has also been established. Heavy metals (Cu^{2+}, Ni^{2+} and Zn^{2+}) occur in the cathode chamber of BES in different degrees of the removal. As a microbial fuel cell (MFC) operating for 120 hours, the reduction rate of Cu^{2+} reaches 94.6% (in waste ethanol stillage) and 98.6% (in the case of Postgate culture medium). On the other hand, in terms of Ni^{2+} and Zn^{2+}, no significant decrease in their concentrations in the liquid phase is found. In the case of microbial electrolysis cell (MEC) mode reduction of Cu^{2+}– 99.9%, Ni^{2+}– 65.9% and Zn^{2+}– 64.0% was achieved. For 96 hours, the removal of sulfates in MEC mode reached 69.9% in comparison with MFC mode – 35.2%.

II.6. 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 (SJR=0.2, Q4) (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, Том 15(2), стр. 47-57. ISSN: 1314-0213, Online ISSN: 1313-9940 (SJR=0.2, Q4) (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. Както 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 u 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 доказа 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 *n*C4; and, 1-3 ppm of *n*C5. The numbers of C2-, C3- and, *n*C4- 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.

II.7. Nikolova K., Bratkova S., Angelov A., Genova P., Ivanov R., Velichkova P., Effective laboratory-scaled ettringite precipitation of extractive waste influenced water with high sulphate content, *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 26(8), 2025, 375-384. https://doi.org/10.12912/27197050/208581 (SJR=0.28, Q3) (Scopus).

Николова К., Браткова С., Ангелов А., Генова П., Иванов Р., Величкова П., Ефективно лабораторно утаяване на етрингит от вода с високо съдържание на сулфати, повлияна от минни отпадъци, Списание: *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 2025, Том 26(8), стр. 375-384. https://doi.org/10.12912/27197050/208581 (SJR=0.28, Q3) (Scopus).

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

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

II.8. Angelov A.T., Bratkova S.G., Nikolova K.T., Plochev S.K., Genova P.G., Ivanov R.V., Velichkova P.G., Efficiency of algae-assisted photo-bioelectrochemical system in anaerobic wastewater treatment, *Bulgarian Chemical Communication*, Volume 57(4), 2025, 295-301, ISSN: 0324-1130, DOI: 10.34049/bcc.57.4.5706 (SJR=0.17, Q4) (Scopus).

Ангелов, А., Браткова, С., Николова, К., Плочев, С., Генова, П., Иванов, Р., Величкова, П. Ефективност на фотобиоелектрохимична система, подпомагана от водорасли, при анаеробно пречистване на отпадъчни води, Списание: *Bulgarian Chemical Communications*, 2025, Том 57(4), 2025, стр. 295-301, ISSN 0324-1130 (Scopus).

РЕЗЮМЕ
Биоелектрохимичните системи предлагат различни потенциални приложения за опазване на околната среда. Настоящото изследване разглежда работата на фотобиоелектрохимична система (ФБЕС), състояща се от микробна горивна клетка (МГК) и колонен фотобиореактор със смесена култура от микроводорасли. Генерирането на значителни количества кислород в средата от водораслите по време на фотосинтезата е ключов фактор за тяхното използване в катодната зона на биоелектрохимичните системи. В анодната област на микробна горивна клетка са сравнени два отпадъчни органични субстрата (спиртна шлемпа и винаса), използвани като донори на електрони за процеса на микробна сулфатна редукция. При различни режими на работа са определени и анализирани основните електрохимични

параметри на ФБЕС - напрежение на отворена верига (436 – 510 mV), максимална мощност (8.0 - 14.5 W/m^2), плътност на тока (34.8 - 64.1 mA/m^2), вътрешно съпротивление, кулонова ефективност и др.

ABSTRACT
Bioelectrochemical systems offer various potential applications for environmental protection. The present study examines the performance of a photo-bioelectrochemical system (PBES) consisting of a microbial fuel cell (MFC) and a column photobioreactor with a mixed culture of microalgae. The generation of significant amounts of oxygen in the medium by the algae during photosynthesis is a key factor in their usage in the cathodic zone of bioelectrochemical systems. In the anodic area of a microbial fuel cell, two waste organic substrates (ethanol stillage and vinasse) used as electron donors for the microbial sulfate reduction process were compared. At different operating modes, there were determined and analyzed the main electrochemical parameters of a PBES - open circuit voltage (436 - 510mV), maximum power (8.0 – 14.5 W/m^2), current density (34.8 – 64.1 mA/m^2, internal resistance, coulombic efficiency, etc.

II.9. Velichkova P. G., Ivanov T. V., Lalov I. G., Magnetically assisted fluidized bedbioreactor for bioethanol production, *Bulgarian Chemical Communications*, Volume 49, Special Issue L, 2017, 105-109. ISSN: 0324-1130 (SJR=0.17, Q4) (Scopus).

Величкова П.Г., Иванов Т.В., Лалов И.Г., Получаване на биоетанол в биореактор с магнитно асистиран флуидизиран слой, Списание: *Bulgarian Chemical Communications*, 2017, Том 49(спец. брой L), стр. 105-109. ISSN: 0324-1130 (SJR=0.17, Q4) (Scopus).

РЕЗЮМЕ
Биоетанол може да бъде получен от редица селскостопански продукти, като жито и царевица. При този процес е необходима предварителна хидролиза на суровините. Полученият хидролизат се характеризира с високо съдържание на редуциращи вещества, до 25%, суспендирани частици и е много вискозен. Целта на настоящата работа е да се изследва ефекта на магнитното поле върху алкохолната ферментация в реактор с магнитно асистиран слой. Като носител за имобилизиране на биомасата е използван пенополиуретан 3x3x3 mm, съдържащ магнетит. Съдържанието на магнетит в носителя е 100%, плътността 1050 kg/m^3, като имобилизираната биомаса е 150 mg/g сух носител. Получените носители са стабилни и притежават висока ферментационна активност. Структурата на полиуретановата пяна позволява задържане на биомаса в целия обем на частицата. За биореактор с магнитно асистиран слой е използвана колона с диаметър 50mm и общ обем 1L, поставена в центъра на намотка на Хелмхолц с вътрешен диаметър 200 mm. Установено е, че върху производителността на апарата влияние оказват скоростта на разреждане и интензитета на магнитното поле. Производителността по отношение на етанол достига до 17 g/L.h, при скорост на разреждане 0,6 h^{-1} и интензитет на магнитното поле 10 kA/m.

ABSTRACT
Ethanol can be produced by fermentation of sugars from agricultural products as wheat and corn, after milling and hydrolysis. The mash after dry mill contains up to 25% reducing sugars, suspended solids and it is very viscous. In this study the effect of a magnetic field on ethanol fermentation with magnetically assisted fluidized bed reactor (MAFBR) was investigated. Magnetically loaded polyurethane foam cubes (3x3x3mm) were used as support material for biofilm formation in a fluidized bed reactor. The magnetite content was 100% wt/wt; density 1050kg/m^3 and immobilized biomass 150mg/g dry support. The polyurethane carriers were stable and had high ethanol fermentation activity. The reticulated structure of the polyurethane foam enabled adherence as well as entrapment of biomass. Magnetically assisted fluidised bed experiments were performed in a glass

column 50mm ID and total volume of 1 L, surrounded by a pair of Helmholtz coils with 200mm ID. The performance of ethanol fermentation of mash in the MAFBR was affected by dilution rate and magnetic field intensity. The ethanol productivity reached 17 g/L.h at a feed dilution rate of 0.6 h^{-1} with reducing sugars concentration of 150g/L when the magnetic field intensity was 10kA/m.

II.10. Angelov A., Bratkova S., Velichkova P., Nikolova K., Genova P., Ivanov R., Plochev S., Valorization of Vinasse and Ethanol Stillage in Bioelectrochemical Systems via Sequential Microbial Sulfate Reduction and Biomethanation, *Biomass*, 6(2), 2026, 21. https://doi.org/10.3390/biomass6020021. (SJR=0.67, Q1) (Scopus).

Ангелов А., Браткова С., Величкова П., Николова К., Генова П., Иванов Р., Плочев С., Оползотворяване на винаса и спиртна шлемпа в биоелектрохимични системи чрез последователна микробна сулфат-редукция и биометанизация, Списание: *Biomass*, 6(2), 2026, 21, (SJR=0.67, Q1). (Scopus).

РЕЗЮМЕ

В лабораторни инсталации отпадъчните води от дестилерийната промишленост (спиртна шлемпа и винаса) се пречистват чрез двустъпална комбинация от микробна сулфат-редукция (МСР) и биометанизация, подпомогнати от биоелектрохимични системи (БЕС). В първия етап се използва сулфидогенен биореактор с интегрирана микробна горивна клетка (МГК), който частично окислява получения H_2S и улеснява превръщането на органичните съединения. Отстраняването на сулфати достига 95,4% (шлемпа) и 92,8% (винаса), със съответните намаления на ХПК съответно от 30,6% и 36,5%. Анализират се кривите на поляризацията, плътността на мощността, генерираният ток и кулоновата ефективност. Консорциумът от сулфидогенни биореактори е доминиран от *Deltaproteobacteria*, което допринася за натрупването на ацетат по време на етапа на МСР. Метаногените са доминирани от рода *Methanofolis*. Във втория етап на анаеробното разграждане се изследват три варианта за третиране: директна биометанизация, биометанизация след предварителна МСР и биометанизация след МСР с микробна електролизна клетка (АР-МЕК). Най-високите проценти на отстраняване на ХПК се постигат във вариантите АР-МЕК: 91,36% за спиртната шлемпа и 92,8% за винасата. Микробните съобщества са доминирани от ацетокластични метаногени от род *Methanothrix*. За шлемпата, третирана след МСР, производството на биогаз е почти двойно по-голямо от това при директната метанизация. За винасата, най-голямото количество биогаз се генерира от интегрираната МЕК система, следвана от директното метанизиране. Съдържанието на метан е най-високо при метанизация след МСР в АР-МЕК (93,4–93,6%).

ABSTRACT

In laboratory installations, wastewater from the distillery industry (ethanol stillage and vinasse) is treated via a two-stage combination of microbial sulfate reduction (MSR) and biomethanation, assisted by bioelectrochemical systems (BESs). In the first stage, a sulfidogenic bioreactor with an integrated microbial fuel cell (MFC) is used, which partially oxidizes the produced H2S and facilitates the conversion of organic compounds. Sulfate removal reaches 95.4% (stillage) and 92.8% (vinasse), with corresponding COD reductions of 30.6% and 36.5%, respectively. The polarization curves, power density, generated current, and coulombic efficiency are analyzed. The sulfidogenic bioreactor consortium is dominated by *Deltaproteobacteria*, which contributes to acetate accumulation during the MSR stage. Methanogens are dominated by the genus *Methanofolis*. In the second stage of anaerobic digestion, three treatment options are investigated: direct biomethanation, biomethanation after preliminary MSR, and biomethanation after MSR with a microbial electrolysis cell (AD-MEC). The highest COD conversion rates are achieved in the AD-MEC

variants: 91.36% for ethanol stillage and 92.8% for vinasse. Microbial communities are dominated by acetoclastic methanogens of the genus *Methanothrix*. For stillage treated after MSR, biogas production is nearly double that from direct methanation. For vinasse, the largest amount of biogas is generated during by the integrated MEC system, followed direct methanation. Methane content is the highest in methanation after MSR in AD-MEC (93.4–93.6%).

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

III.1. Velichkova P.G., Ivanov T.V., Lalov I.G., Complex transformation of acid hydrolysates of primary and secondary biomass to bioenergy, *Bulgarian Chemical Communications*, Volume 52, Special Issue B, 2020, 44-47. DOI: 10.34049/bcc.52.B.0012. ISSN: 0324-1130 (SJR=0.179, Q4) (Scopus).

Величкова П.Г., Иванов Т.В., Лалов И.Г., Комплексна трансформация на киселинни хидролизати от първична и вторична биомаса в биоенергия, Списание: *Bulgarian Chemical Communications*, 2020, Том 52(спец. брой В), pp. 44-47. ISSN: 0324-1130 (SJR=0.179, Q4) (Scopus).

РЕЗЮМЕ

В настоящата статия е проведено сравнително изследване на добива на биоенергия (биогорива) от модели на първична и вторична биомаса - тревни и картофени обелки. Като предварителна обработка на тези суровини е използвана киселинна хидролиза. Предварителната обработка на двата вида биомаса е проведена чрез автоклавиране в продължение на 20 минути при 121 °C в присъствието на 1M HCl. Получените от двете биомаси солнокиселини хидролизати имат основни параметри за тревния хидролизат 0,23 g редуциращи захари/g сухо вещество и ХПК 45,76 g O_2/L, а за картофените обелки - 0,59 g редуциращи захари/g сухо вещество и ХПК 35,74 g O_2/L. И двата хидролизата се оказват подходящи субстрати за генериране на биоетанол, като от тревния хидролизат е произведено 12,48 mg етанол/g сухо вещество, а от картофените обелки - 180 mg етанол/g сухо вещество. Изследван е и потенциалът на двата хидролизата за генериране на биометан. От тревния хидролизат е получено 0,196 L CH_4/g суха биомаса, а от картофените обелки - 0,41 L CH_4/g суха биомаса. Резултатите показват по-високия енергиен потенциал на картофените обелки в сравнение с тревната биомаса. Това вероятно се дължи на високото съдържание на нишесте, характерно за този вид отпадъци.

ABSTRACT

In the current paper a comparative study of bioenergy (biofuels) yields from models of primary and secondary biomass - grass and potato peels is done. Acidic hydrolysis was used as a pre-treatment of these raw materials. The pretreatment of the two types of biomass was conducted by autoclaving for 20 min at 121 °C in the presence of 1M HCl. The hydrochloric acid hydrolysates obtained from both biomasses had basic parameters for the grass hydrolysate 0.23 g reducing sugars/ g dry matter and COD 45.76 g O_2/ L, and for potato peels – 0.59 g reducing sugars/ g dry matter and COD 35.74 g O_2/ L. Both hydrolysates were found to be suitable substrates for bioethanol generation, where 12.48 mg ethanol/g dry matter was produced from grass hydrolysate and 180 mg ethanol/g dry matter from potato peels hydrolysate. The potential of both hydrolysates to biomethane generation was also studied. From the grass hydrolysate 0.196 L CH_4/ g dry biomass was obtained and from potato peels - 0.41 L CH_4/ g dry biomass. The results demonstrated the higher energy potential of potato peels compared to grass biomass. This was probably due to the high starch content typical for this type of waste.

III.2. Velichkova P. G., Ivanov T. V., Lalov I. G., Development of simplified models for optimization of biochemical methane potential procedure, *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 2022, 57(4), 702-708, ISSN 1314-7471 (print), ISSN 1314-7978 (on line) (SJR= 0.25, Q3) (Scopus).

Величкова П.Г., Иванов Т.В., Лалов И.Г., Разработване на опростени модели за оптимизиране на процедурата за биохимичен метанов потенциал, Списание: *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 2022, Том 57(4), стр. 702-708, ISSN 314-7471 (print) ISSN 1314-7978 (on line) (SJR= 0.25, Q3) (Scopus).

РЕЗЮМЕ

Анаеробното разграждане (AD) може да се използва за преобразуване на биомасата в метан за оползотворяване на енергия и постигане стабилизиране на отпадъците и намаляване на стреса върху околната среда. Влиянието на съотношението субстрат/инокулум, температурата и микроелементите върху биохимичния метанов потенциал (BMP) беше оценено чрез изчисляване на параметрите на производителността, използвайки три опростени математически модела. Моделите на модифицираното уравнение на Гомперц, логистичното уравнение и кривата на реакцията (трансфер) бяха използвани с експериментални данни от определянето на BMP. Субстратът беше винас с ХПК 216 g O_2 L^{-1}, получена като страничен продукт в процеса на дестилация на вино. Фазата на забавяне, максималната скорост на производство на биогаз и максималният потенциал за производство на биогаз бяха оценени във всеки експеримент чрез прилагане на математически модели. Получените резултати показват, че използването на модели позволява точно определяне на параметрите при определяне на BMP. В случая с винасата, модифицираният модел на Гомперц пасва по-добре от другите.

ABSTRACT

Anaerobic digestion (AD) can be used to convert biomass materials into methane for energy recovery and achieve waste stabilization and environment stress reduction. The effect of substrate/inoculum ratio, temperature and trace elements on the biochemical methane potential (BMP) was evaluated through the calculation of performance parameters by using three simplified mathematical models. The Modified Gompertz equation, the Logistic equation and Reaction curve (Transference) models were all used with experimental data from the BMP determination. The substrate was vinasse with COD 216 g O_2 L^{-1}, obtained as by-product in wine distillation process. The lag time phase, maximum rate of biogas production and maximal potential biogas production was estimated in each experiment by application of mathematical models. The obtained results indicate that the use of models allow accurate determination of parameters in BMP determination. In case with vinasse the modified Gompertz model fits better than others.

III.3. Velichkova P. G., Popova M. R., Angelov A. T., Optimization of the operating parameters of microbial electrolysis cell assisted anaerobic digester for generating bioenergy from an ethanol stillage, *Bulgarian Chemical Communications*, 2022, Volume 54(2), 152-157. DOI: 10.34049/bcc.54.2.5469. ISSN: 0324-1130 (SJR=0.17, Q4) (Scopus).

Величкова П.Г., Попова М.Р., Ангелов А.Ц., Оптимизиране на работните параметри на анаеробен биореактор с помощта на микробна електролизна клетка за генериране на биоенергия от спиртна шлемпа, Списание: *Bulgarian Chemical Communications*, 2022, Volume 54(2), 152-157. DOI: 10.34049/bcc.54.2.5469. ISSN: 0324-1130 (SJR=0.17, Q4) (Scopus).

РЕЗЮМЕ
За да се подобри процесът на биометаниране, беше създадена хибридна система анаеробен биореактор - микробна електролизна клетка (AD-MEC). Изследвано е влиянието на различни технологични параметри върху работата на инсталацията при пречистване на етанолова дестилация. Установено е, че 0,8 V е оптималното външно натоварване, при което се достига 80% метан в биогаза и добив от 18,10 l CH_4/kg COD. Приложеното външно напрежение от 1,0 V не е допринесло за добива на метан (14,13 l CH_4/kg COD), но количеството метан в биогаза е било 70%, което е по-високо от 52%, получени за самостоятелен процес. Влиянието на работното pH и температура е изследвано при различни стойности за процеса на биометаниране. Най-добрите резултати за хибридната AD-MEC система са получени при pH 7,5 и температура 35 ˚C. Такива стойности са характерни за процеса на биометаниране, тъй като метаногенните бактерии са много чувствителни към резки промени в околната среда (pH под 6,8, наличие на кислород, много ниски или високи температури и др.).

ABSTRACT
In order to improve the process of biomethanation, a hybrid system anaerobic digester - microbial electrolysis cell (AD-MEC) was created. The influence of different technological parameters on the operation of the installation in the purification of ethanol stillage was studied. It was found that 0.8 V is the optimal external load at which 80 % of methane in the biogas and a yield of 18.10 l CH_4/kg COD is reached. The applied external voltage of 1.0 V did not promote the yield of methane (14.13 l CH_4/kg COD), but the amount of methane in the biogas was 70 %, which is higher than the 52 % obtained for a stand-alone process. The influence of working pH and temperature was studied at different values for the biomethanation process. The best results for the hybrid AD-MEC system were obtained at pH 7.5 and temperature 35 ˚C. Such values are characteristic of the biomethanation process, as methanogenic bacteria are very sensitive to abrupt changes in the environment (pH below 6.8, presence of oxygen, very low or high temperatures, etc.).

III.4. 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) (SJR= 0.25, Q3) (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) (SJR= 0.25, Q3) (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 mW/m^2 и 68 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.5. Angelov A., Gorbunov Y., Velichkova P., Enhancing Biomethane Production with a Modulated Electric Field in Anaerobic Digestion–Microbial Electrolysis Cell Systems, *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 26(12), 2025, 226-237. https://doi.org/10.12912/27197050/214281. (SJR=0.28, Q3) (Scopus).

Ангелов А., Горбунов Я., Величкова П., Повишаване производството на биометан с модулирано електрическо поле в анаеробни системи за разграждане – микробна електролизна клетка, Списание: *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 26(12), 2025, 375-384. (SJR=0.28, Q3) (Scopus).

РЕЗЮМЕ

През последното десетилетие са установени предимствата от интегрирането на биоелектрохимични системи в реактори за анаеробно третиране на отпадъчни води. В допълнение към повишаването на добива на биогаз, интегрирането им подобрява и качеството на биогаза, елиминирайки необходимостта от допълнително пречистване преди използването му като енергиен източник. Докато биохимичните и електрохимичните процеси в хибридна АР-МЕК система с постоянно външно електрическо поле са добре проучени, ефектите от импулсно електрическо поле остават недостатъчно проучени.

В това проучване е изследвано влиянието на периодичната поляризация, използваща импулсно захранване, върху добива на биогаз от отпадъчни води от дестилерия (винаса и спиртна шлемпа) в АР-МЕК система. Експериментите са проведени при три различни честоти на импулсно захранване с 0,8 V - 1,0 Hz (1s), 0,2 Hz (5s) и 0,1 Hz (10s). Резултатите са сравнени с тези, получени с постоянно електрическо поле (0,8 V) и режим на работа без МЕК. Нискочестотното импулсно захранване (0,1 и 0,2 Hz) е довело до по-висок добив на биогаз и съдържание на метан в сравнение както с високочестотния режим, така и с постоянното електрическо поле. При шлемпата добивът на биогаз се е увеличил с 20-25% спрямо контролата, а при винасата с 13-16% при оптимални условия..

ABSTRACT

The advantages of integrating bioelectrochemical systems into anaerobic wastewater treatment reactors have been established over the last decade. In addition to enhancing biogas yield, its integration also improves biogas quality, eliminating the need for additional purification before its utilization as an energy source. While the biochemical and electrochemical processes in a hybrid AD-MEC system with a constant external electric field are well studied, the effects of a pulsed electric field remain insufficiently explored.

In this study, the influence of periodic polarization using a pulsed power supply on biogas yield from distillery wastewater (vinasse and ethanol stillage) in an AD-MEC system was investigated. The experiments were performed at three different pulsed power supply frequencies with 0.8 V- 1.0 Hz (1s), 0.2 Hz (5s) and 0.1 Hz (10s). The results were compared with those obtained with a constant electric field (0.8 V) and a control mode without MEC. Low-frequency pulsed power supply (0.1 and 0.2 Hz), resulted in higher biogas yield and methane content compared to both the high-frequency

mode and constant electric field. For ethanol stillage, the biogas yield increased by 20-25% relative to the control, and for vinasse by 13-16% under the optimal conditions.

III.6. Velichkova P., Applicability of mixed culture Chlorella sp. and Scenedesmus sp. for bioremediation of copper and manganese, *Acta Microbiologica Bulgarica*, 2026, 42, 1, 144-151 (SJR=0.154, Q4) (Scopus).

Величкова П., Приложимост на смесена култура Chlorella sp. и Scenedesmus sp. за биоремедиация на мед и манган, Списание: *Acta Microbiologica Bulgarica*, 2026, 42, 1, 144-151 (SJR=0.154, Q4) (Scopus).

РЕЗЮМЕ

През последните години микроводораслите се използват все по-често за отстраняване на тежки метали от кисели руднични води. В настоящето изследване е проучена биосорбцията и биоакумулацията на манганови и медни йони от смесена водораслова култура *Chlorella sp.* и *Scenedesmus sp*. Анализирано е влиянието на 4 концентрации на тежките метали (20, 40, 80 и 100 mg/l) върху растежа на микроводораслите и биоремедиацията. Експоненциалната фаза на растеж се забавя със 7 дни при 20 mg/l Mn спрямо контрола без тежки метали в средата. При останалите проби не се наблюдава растеж до 14-ия ден, тъй като високите концентрации водят до инхибиране на растежа. Степента на отстраняване на Mn е между 74 и 90%, а на Cu е 72-89% при различните варианти. Високата им биосорбция при високи концентрации на тежките метали се дължи на голямото количество мъртва биомаса, която увеличава контактната повърхност. Методът би бил приложим за отстраняване и възстановяване на тежки метали от води с високо съдържание на мед и манган.

ABSTRACT

In recent years, algae have been increasingly used to the heavy metals from acidic mine drainage. In the present study, the biosorption and bioaccumulation of manganese and copper ions by a mixed *Chlorella sp.* and *Scenedesmus sp.* culture were investigated. The influence of 4 concentrations of heavy metals (20, 40, 80 and 100 mg/l) on microalgal growth and bioremediation was analyzed. The exponential growth phase was delayed by 7 days at 20 mg/l Mn compared to the control without heavy metals in the medium. In the remaining samples, no growth was observed until the 14th day, as high concentrations lead to growth inhibition. The removal rate of Mn was between 74 and 90%, and that of Cu was 72-89% in the different variants. Their high biosorption at high concentrations of heavy metals is due to the large amount of dead biomass, which increases the contact surface. The method would be applicable for heavy metals from waters with a high content of copper and manganese removal and recovery.

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

III.7. Omar S., Velichkova P., Ivanov T., Lalov I., Investigation of potato peels as a raw material base for biofuels production, *International Scientific Conference "Kliment's Days", Sofia 2018, Annual of Sofia University "St. Kliment Ohridski", Faculty of Biology,* 2019, volume 104, Book 4 – Scientific Sessions of the Faculty of Biology, pp. 70-78.

Омар Ш., Величкова П., Иванов Т., Лалов И., Изследване на картофените обелки като суровинна база за производство на биогорива, *Международна научна конференция „Климентови дни", София 2018, Годишник на Софийския университет „Св. Климент Охридски", Биологически факултет, 2019*, том 104, книга 4 – Научни сесии на Биологическия факултет, стр. 70-78.

РЕЗЮМЕ
Това изследване разглежда подобряване на енергийния потенциал на картофените обелки чрез различни видове модификация. Подходящите методи за предварителна обработка могат да увеличат концентрациите на ферментируеми захари, като по този начин подобрят ефективността на целия процес на биоконверсия. Като методи за предварителна обработка бяха избрани хидролиза със солна киселина при висока температура и налягане и ензимна хидролиза при висока температура с помощта на амилолитичен комплекс. И двете модификации доведоха до повишаване на биохимичния метанов потенциал на картофените обелки - 0,33 $dm^3CH_4/gVSS$, съответно с 24% в киселинния хидролизат (0,41 $dm^3CH_4/gVSS$) и с 67% в ензимния хидролизат (0,55 $dm^3CH_4/gVSS$). Освен това, предварителните обработки на картофените обелки доведоха до разширяване на спектъра от произведени биогорива, както беше доказано чрез подлагане на модифицираните субстрати на успешна алкохолна ферментация. Общият енергиен потенциал на модифицираните субстрати беше разкрит чрез комбиниран анаеробен процес на биоконверсия. Този подход ни позволи да определим, че енергийната плътност на ензимно модифицираните картофени обелки надвишава тази на нетретираната биомаса повече от 2,2 пъти.

ABSTRACT
This study deals with improvement of the energy potential of potato peels via different types of modification. Proper pretreatment methods can increase concentrations of fermentable sugars, thereby improving the efficiency of the whole bioconversion process. As pre-treatment methods, hydrochloric acid hydrolysis at high temperature and pressure and enzymatic hydrolysis at high temperature using an amylolytic complex were selected. Both modifications have led to an increase in biochemical methane potential of potato peels - 0.33 $dm^3CH_4/gVSS$ by 24 % in the acid hydrolysate (0.41 $dm^3CH_4/gVSS$) and by 67 % in the enzymatic hydrolysate (0.55 $dm^3CH_4/gVSS$), respectively. Additionally pretreatments of the potato peels resulted in expanded spectrum of produced biofuels, as it was proved by subjecting the modified substrates to successful alcohol fermentation. The total energy potential of the modified substrates was revealed using combined anaerobic bioconversion process. Such approach allowed us to determine that the energy density of the enzymatically modified potato peels exceeds that of the untreated biomass more than 2.2 times.

III.8. Popova M., Velichkova P., Angelov A., Increasing methane yield during anaerobic digestion by an outside integrated microbial electrolysis cell, *Annual of the University of mining and geology "St. Ivan Rilski",* 2022, 65, 42-45, ISSN 2738-8808 (print), ISSN 2738-8816 (online).

Попова М., Величкова П., Ангелов А., Повишаване добива на метан по време на анаеробно разграждане чрез интегрирана външна микробна електролизна клетка, *Годишник на Минно-геоложкия университет „Св. Иван Рилски",* 2022, 65, 42-45, ISSN 2738-8808 (печат), ISSN 2738-8816 (онлайн).

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

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

III.9. Ivanov R., Genova P., Velichkova P., Influence of environmental factors of long-term operation and effectiveness of SMFC-based biosensors for heavy metal polluted waters, *International Scientific Journal "Industry 4.0"*, 2023, vol. 8, Iss. 5, 182-185, ISSN (print) 2534-8582, ISSN (online) 2534-997X, https://stumejournals.com/journals/i4/2023/5/182.

Иванов Р., Генова П., Величкова П., Влияние на факторите на околната среда при дългосрочна експлоатация и ефективност на биосензори на базата на СМГК за замърсени с тежки метали води, *Международно научно списание „Индустрия 4.0“*, 2023, том 8, брой 5, 182-185, ISSN (печат) 2534-8582, ISSN (онлайн) 2534-997X, https://stumejournals.com/journals/i4/2023/5/182.

РЕЗЮМЕ
Седиментните микробни горивни клетки са сравнително нови устройства, първоначално проектирани да генерират електричество от разграждането на органичната материя в почвата от микроорганизми. В момента биосензорите, базирани на СМГК, привличат научен интерес като нови и обещаващи устройства за бързо наблюдение в реално време на качеството на водата и замърсителите на водата. В сравнение с конвенционалните биосензори, биосензорите, базирани на СМГК, показват предимства като ниска цена, опростен дизайн и възможност за *IN SITU* работа и самостоятелно захранване. Очаква се биосензорите, базирани на СМГК, да се използват за дистанционно наблюдение на околната среда, следователно оценката на тяхната дългосрочна работа е от решаващо значение за тяхната използваемост. В тази статия представяме нови данни, необходими за установяване дългосрочната работа на биосензорите, базирани на СМГК. Настоящото изследване представя влиянието на различни фактори на околната среда, като температура, pH и микробна активност, върху производителността и ефективността на биосензора, базиран на СМГК, за наблюдение на вода, замърсена с тежки метали. Резултатите показват стабилна дългосрочна работа на тези устройства при различни условия на околната среда.

ABSTRACT
Sediment microbial fuel cells are relatively new devices, originally designed to generate electricity from the degradation of organic matter in the soil by microorganisms. Currently, SMFC-based biosensors are attracting scientific interest as new and promising devices for rapid real-time monitoring of water quality and water pollutants. Compared with conventional biosensors, SMFC-based biosensors show advantages such as low cost, simple design, and the possibility of *IN SITU* operation and self-powered monitoring. SMFCbased biosensors are expected to be used for remote environmental monitoring, therefore evaluating their long-term performance is crucial for their usability. In this paper, we present new data needed to establish the long-term performance of SMFC based biosensors. The present study presents the effect of various environmental factors such as temperature, pH and microbial activity on the performance and effectiveness of the SMFC based biosensor for monitoring water contaminated with heavy metals. The results show stable long-term

performance of these devices under various environmental conditions.

III.10. Ivanov R., Genova P., Velichkova P., Plochev S., Application and effectiveness of SMFC-based biosensors for real-time monitoring of water pollution with chromium, zink and nickel, *International Scientific Journal "Industry 4.0",* 2023, vol. 8, Iss. 6, 306-308, ISSN (print) 2534-8582, ISSN (online) 2534-997X, https://stumejournals.com/journals/i4/2023/6/306.

Иванов Р., Генова П., Величкова П., Плочев С., Приложение и ефективност на биосензори, базирани на SMFC, за мониторинг в реално време на замърсяването на водите с хром, цинк и никел, *Международно научно списание „Индустрия 4.0“*, 2023, том 8, брой 6, 306-308, ISSN (печат) 2534-8582, ISSN (онлайн) 2534-997X, https://stumejournals.com/journals/i4/2023/6/306.

РЕЗЮМЕ

Замърсяването с тежки метали от различни индустрии е получило голямо внимание в световен мащаб поради тяхната токсичност и устойчивост в околната среда. Традиционният мониторинг на качеството на водата разчита на вземане на проби, съхранение, транспортиране и последващ лабораторен анализ. Всички тези процедури изискват значително време и правят невъзможно навременното откриване на замърсяване с тежки метали. За да се преодолее този недостатък, биосензорите на базата на СМГК могат да се използват за наблюдение на замърсяването на водата с тежки метали. Електрохимичните характеристики на СМГК са чувствителни към йони на тежки метали, следователно, когато тежки метали попаднат в тях, напрежението на клетката незабавно се повишава пропорционално на тяхната концентрация. Промяната в напрежението може да се използва за установяване на наличието на тежки метали във водата и тяхната концентрация. В настоящото изследване бяха изследвани възможностите за наблюдение на вода, замърсена с мед, цинк, никел и хром, посредством биосензори на базата на СМГК. Конструираните биосензори показаха висока чувствителност към йоните на четирите изследвани метала.

ABSTRACT

Heavy metal pollution from various industries has received much attention worldwide due to their toxicity and persistence in the environment. Traditional water quality monitoring relies on sampling, preservation, transportation and subsequent laboratory analysis. All these procedures require considerable time and make it impossible to timely detect heavy metal contamination. To overcome the drawback, SMFC-based biosensors can be used for monitoring water pollution with heavy metals. The electrochemical characteristics of SMFCs are sensitive to heavy metal ions, therefore, when heavy metals enter them, the cell voltage immediately rises in proportion to their concentration. The change in voltage can be used to find the presence of heavy metals in the water and their concentration. In the present study, the possibilities for monitoring water contaminated with copper, zinc, nickel and chromium by means of SMFC-based biosensors were investigated. The constructed biosensors showed high sensitivity to the ions of the four investigated metals.

III.11. Grozdanova V., Velichkova P., Physicochemical and bacterial-morphological characterisation of dairy products, *Annual of the University of mining and geology "St. Ivan Rilski",* 2023, 66, 30-33, ISSN 2738-8808 (print), ISSN 2738-8816 (online). https://doi.org/10.5281/zenodo.8334010.

Грозданова В., Величкова П., Физикохимично и бактериално-морфологично охарактеризиране на млечнокисели продукти, *Годишник на МГУ*, 66, 2023, 30-33, ISSN 2738-8808 (print), ISSN 2738-8816 (online). https://doi.org/10.5281/zenodo.8334010.

РЕЗЮМЕ
Млечнокиселите бактерии притежават способността ефективно да превръщат лактозата в млечна. Това води до повишаване на киселинността, коагулацията на белтъчините и предотвратява растежа на нежелани микроорганизми. Най-употребяваният ферментирал млечен продукт в световен мащаб е киселото мляко, следвано от айряна, кефира, кумиса и други. За разлика от българското кисело мляко, което се получава чрез добавяне на закваска от *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subspecies bulgaricus*, кефирът и кумисът се получават чрез смесена закваска от млечнокисели бактерии и дрожди. За да се установят физикохимичните и морфологични разлики между ферментирали млечни продукти (домашно кисело мляко, кисело мляко с 2 % масленост по БДС от търговската мрежа, айрян с 1,8 % масленост и кефир с 3 % масленост), бяха измерени и сравнени активна (pH) и титруема киселинност (ºT), млечна киселина (%) и сухо вещество (%). Чрез метода на Льофлер и наблюдение на микроскопските препарати с имерсионен обектив (x100), бе установена морфологията на микроорганизмите. Резултатите бяха близки и сходни за двата вида кисело мляко: 13,4-13,5 % сухо вещество, 1,5-1,7 % млечна киселина, активна киселинност около 4.00. При продуктите за пиене се установиха големи разлики, свързани с технологичния процес на тяхното производство и използваната закваска.

ABSTRACT
Lactic acid bacteria possess the ability to efficiently convert lactose into lactic acid. This leads to an increase in acidity, coagulation of proteins, and prevents the growth of unwanted microorganisms. The most consumed fermented milk product worldwide is yoghurt, followed by ayran, kefir, koumiss, and others. Unlike Bulgarian yoghurt, which is obtained by adding starter cultures of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii subspecies bulgaricus*, kefir and koumiss are obtained by a mixed starter culture of lactic acid bacteria and yeast. To determine the physicochemical and morphological differences between fermented dairy products (homemade yoghurt, purchased yoghurt with 2 % fat as per the Bulgarian State Standard, ayran with 1.8 % fat, and kefir with 3 % fat), active (pH) and titratable acidity (ºT), lactic acid (%), and dry matter (%) were determined. The morphology of the microorganisms was established through the Loeffler method and observation of the microscopic preparations with an immersion objective (x100). The results were close and similar for both types of yoghurt: 13.4-13.5 % dry matter, 1.5-1.7 % lactic acid, and active acidity around 4.00. In the case of the drinking products, large differences were found related to the technological process of their production and the starter cultures used.

III.12. Popova M., Velichkova P., Treatment of wastewater with high organic load and biomethane generation, *Proceedings of the XX National Youth Scientific and Practical Conference 2023,* Federation of Scientific and Technical Unions in Bulgaria, 2023, 41-45, ISSN 1314-8931.

Попова М., Величкова П., Пречистване на отпадъчни води с високо органично натоварване и генериране на биометан, *Сборник с доклади от XX национална младежка научно-практическа конференция 2023*, Федерация на научно-техническите съюзи в България, 2023, 41-45, ISSN 1314-8931.

РЕЗЮМЕ
Отпадъчните води от спиртоварната и винената промишленост имат голям потенциал като суровини за производство на богат на метан биогаз. Те се характеризират с високо органично натоварване и висока киселинност, което ги превръща в сериозен екологичен замърсител при неправилното им утилизиране. В настоящата разработка е сравнен процесът на генериране на биометан от типични за двете промишлености отпадъчни води- спиртна шлемпа и винаса при мезофилен температурен режим. Установено е, че и двете суровини са подходящи за

метанизиране като съдържанието на метан е малко над 70 %. Степента на конверсия на органиката е 77 % при шлемпата и 85.5 % при винасата.

ABSTRACT
Wastewater from the distillery and wine industries has great potential as raw materials for biogas production with a high biomethane content. They are characterized by a high organic load and high acidity, turning them into serious environmental pollutants. In the present study, the process of biomethane generation from typical wastewater in this industry is compared - ethanol stillage and vinasse at a mesophilic temperature. Both raw materials were found to be suitable for methanation, with a methane content of just over 70 %. The conversion rate of organics is 77 % for ethanol stillage and 85.5 % for vinasse.

III.13. Velichkova P., Bratkova S., Angelov A., Nikolova K., Genova P., Ivanov R., Utilization of Distillery Wastewater in a Microbial Fuel Cell Based on Microbial Sulfate Reduction, *Journal of Ecology and Natural Resources*, 2025, 9, 1, 1-9, DOI: 10.23880/jenr-16000410.

Величкова П., Браткова С., Ангелов А., Николова К., Генова П., Иванов Р., Оползотворяване на отпадъчни води от дестилерия в микробна горивна клетка на базата на микробна сулфат-редукция, *Journal of Ecology and Natural Resources*, 2025, 9, 1, 1-9, DOI: 10.23880/jenr-16000410.

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

ABSTRACT
Simple electron donors (such as lactate, ethanol, glucose, etc.) in the process of microbial sulfate reduction are well studied. In search of new substrates for sulfate-reducing bacteria, multicomponent organic products were investigated. The application of distillery wastewater (vinasse and ethanol stillage) as electron donors in a microbial sulfate reduction process with an integrated microbial fuel cell was studied. The results were compared with those of lactate as a control. The influence of the rate of volumetric sulfate loading on the rate of microbial processes was studied using six different hydraulic retention times: 14, 18, 22, 26, 30 and 34 hours. During the process, sulfate-reducing bacteria incompletely oxidize organic matter in the used distillery wastewater and generate large amounts of acetic acid, and propionic acids as a product of other microbiological processes. The rates

of sulfate and organic removal for all three substrates increase with increasing retention time. In the case of vinasse and stillage at the 34th hour, sulfate removal was 98%, and organics removal was 48 and 44%, respectively. The open circuit voltage values for both fuel cells with wastewaters were highest at the 22nd hour. The results showed that vinasse and ethanol stillage were suitable electron donors in the process of microbial sulfate reduction and the resulting metabolites can be a substrate for other anaerobic processes.

III.14. Nikolova K., Genova P., Ivanov R., Velichkova P., Review of the regulatory framework relevant to the protection of water bodies from effluents influenced by the mining industry, *Annual of the University of mining and geology "St. Ivan Rilski"*, 2025, 68, 166-172. https://doi.org/10.5281/zenodo.17160415. ISSN 2738-8808 (print).

Николова К., Генова П., Иванов Р., Величкова П., Преглед на нормативната база, отнасяща се за опазване на водните тела от води, повлияни от минната промишленост, *Годишник на МГУ*, 2025, 68, 166-172. https://doi.org/10.5281/zenodo.17160415. ISSN 2738-8808 (печат).

РЕЗЮМЕ

В настоящата разработка е направен целеви преглед и анализ на основни нормативни документи, имащи отношение към опазване на водните тела, обект на натиск от миннодобивната и преработвателната промишленост. Съпоставено е българското законодателство с европейското, като основното внимание е фокусирано върху параметри, заложени в едно типично разрешително за заустване на оператор на минен обект в България. Основната цел на цялостната палитра от законодателни норми в тази сфера е дългосрочното устойчиво управление на водите, висока степен на защита на водната среда, постигане на добро състояние на всички водни тела при предотвратяване на допълнително влошаване на състоянието им.

ABSTRACT

This paper presents a targeted review and analysis of key regulatory documents related to the protection of water bodies impacted by the mining and processing industry. Bulgarian legislation is compared with the European normative framework, with focus on the parameters set out in a typical discharge permit for a mining site operator in Bulgaria. The main objective of the entire range of legislative norms in this area is long-term sustainable water management, a high level of protection of the aquatic environment, and setting out rules to halt deterioration in the status of EU water bodies and to achieve their good status.

III.15. Nikolova K., Bratkova S., Angelov A., Genova P., Ivanov R., Velichkova P., Screening and analysis of the applicability of various technologies for reducing sulfate concentration in waters influenced by the mining and processing industry, *Sustainable Extraction and Processing of Raw Materials*, 2025, 6, 68-75. https://doi.org/10.58903/dw18921368. ISSN 2738-7100 (print).

Николова К., Браткова С., Ангелов А., Генова П., Иванов Р., Величкова П., Скрининг и анализ на приложимостта на различни технологии за намаляване концентрацията на сулфати във води, повлияни от минно-преработвателната промишленост, *Sustainable Extraction and Processing of Raw Materials*, 2025, 6, 68-75. https://doi.org/10.58903/dw18921368. ISSN 2738-7100 (печат).

РЕЗЮМЕ

Сложността и специфичността на проблема с отделянето на високи концентрации на сулфати от минни обекти, характеризиращи се със сулфидни руди, изискват прилагането на адекватен подбор от съществуващи технологии за пречистване. Предложеният скрининг се основава на три стъпки - предварителен скрининг, базиран на скоростта на разработване и комерсиализация на технологията и способността за постигане на определен праг на отстраняване на сулфати; скрининг на технологии, базирани на производителност, разходи и други фактори; и скрининг, базиран на скоростта на отстраняване на други важни замърсители. Целта на предложения анализ е да се подчертаят предимствата и ограниченията на всеки подход и да се идентифицират най-приложимите технологии за пречистване на вода за намаляване на сулфатите в отпадъчните води, като се използва унифицирана методология за оценка и класиране. Резултатът е списък с технологии, класифицирани по тяхната приложимост, който може да се използва като ръководство или отправна точка за по-нататъшно проучване и подробен преглед на възможностите за отстраняване на сулфати от отпадъчните води. За отстраняване на сулфати от води, повлияни от минни отпадъци (EWIW), третирането с варовик/вар (като процес на предварителна обработка), процесът SAVMIN, процесът GYP-CIX и биологичната редукция на сулфати в биореактор изглеждат най-приложимите процеси на третиране, като сред процесите на третиране, които използват биологична редукция на сулфатите, биореакторите са най-ефективни.

ABSTRACT

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

III.16. Velichkova P., Angelov A., Influence of bioelectrochemical system on biogas production, *Proceedings of the XVI International conference of the open and underwater mining of minerals*, 2025, 183-190. ISSN 2535-0854.

Величкова П., Ангелов А., Влияние на биоелектрохимичната система върху производството на биогаз, *Сборник с доклади от XVI Международна конференция за открит и подводен добив на полезни изкопаеми*, 2025, 183-190. ISSN 2535-0854.

РЕЗЮМЕ

Интегрирането на биоелектрохимична система (БЕС) в анаеробен реактор повишава добива на метан, подобрява разграждането на органичната материя и стимулира растежа на електроактивни бактерии в рамките на консорциума. Настоящото проучване изследва по-задълбочено въздействието на интегрирана БЕС върху реактор за биометанизиране на винаса. Видът сепаратор силно влияе върху добива на биогаз и разграждането на органичната материя. Направен е анализ на 6 варианта на АР-БЕС, с различни видове мембрани и без мембрана, в

два режима на работа - като микробна електролизна клетка (МЕК) и като микробна горивна клетка (МГК). Получените данни за кинетиката на производството на биогаз и неговия състав, скоростите на химическо отстраняване на кислород и разграждането на млечна и оцетна киселина са сравнени при различни режими. В продължение на 12 дни дневният добив на биогаз почти се е удвоил, а съдържанието на биометан се е увеличило от 60% на 70% във варианта АР-МЕК без мембрана. Определени са стойностите на кулоновската ефективност (CE) и ефективността на извличане на метан (MRE), като в най-благоприятния вариант (МЕК - без мембрана) те са съответно 16,6% и 4,4%.

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

III.17. Velichkova P., A brief overview of successful new technologies for recovery of critical raw materials*, Proceedings of the Sixth National Scientific and Technical Conference "Mineral Resources and Sustainable Development" 2025*, 1-6. ISSN 2534-9295.

Величкова П., Кратък преглед върху успешни нови технологии за възстановяване на критични суровини*, Сборник с доклади от Шеста национална научно-техническа конференция „Минералните ресурси и устойчивото развитие“ 2025*, 1-6, ISSN: 2534-9295.

РЕЗЮМЕ
Критичните суровини са изключително ценни ресурси, които са важни за стратегическите сектори на икономиката, но са подложени на високи рискове за доставките поради геополитически, търговски или природни фактори. Направен е кратък преглед на добрите примери при новите технологии за добив, преработка и възстановяване на критични суровини в ЕС. Най-големият проект PEACOC вече има изградена пилотна инсталация на територията на Гърция, която включва няколко модула за рециклиране на злато, сребро и редкоземни елементи от стари автомобилни катализатори, печатни платки и фотоволтаици. Освен това успешно се внедряват и методи за извличане на суровини от океанските дъна.

ABSTRACT
Critical raw materials are extremely valuable resources that are important for strategic sectors of the economy, but are subject to high supply risks due to geopolitical, commercial or natural factors. A brief overview of good examples of new technologies for the extraction, processing and recovery of critical raw materials in the EU is provided. The largest project PEACOC has already built a pilot installation on the territory of Greece, which includes several modules for the recycling of gold, silver and rare earth elements from old automotive catalysts, printed circuit boards and photovoltaics. In addition, methods for extracting raw materials from the ocean floor are also being successfully implemented.

III.18. Zhivkov T., Velichkova P., AirCarbon – an innovative solution for integration between circular economy and ESG frameworks in the mineral and raw materials sector, *Proceedings of Second National Scientific and Technical Conference "Environmental Aspects in the Mineral and Raw Materials Sector of Bulgaria",* 2026, 9-15, ISSN: 3134-2078, Scientific and Technical Union of Mining, Geology and Metallurgy.

Живков Т., Величкова П., AirCarbon – иновативно решение за интеграция между кръгова икономика и ESG рамки в минерално-суровинния сектор, *Сборник доклади от Втора национална научно-техническа конференция „Екологични аспекти в минерално-суровинния отрасъл на България",* 2026, 9-15, ISSN: 3134-2078, Научно-технически съюз по минно дело, геология и металургия.

РЕЗЮМЕ

Настоящата статия представя комплексен модел за трансформация на минерално-суровинната индустрия чрез синергията между принципите на кръговата икономика и екологичните, социални и управленски (ESG) критерии. Акцентът е върху иновативната технология AirCarbon - метод за улавяне на парникови газове (метан и CO_2) и тяхното биологично преобразуване в биоразградимия полимер полихидроксибутират (PHB). Графично са представени последиците от прилагането на технологията в международни и национални минни компании, както и представители на енергийния сектор с реални и теоретични данни от последните 5 години. Позовавайки се на най-новите световни изследвания в тази област (2021-2026 г.), се доказва, че „въглеродно-отрицателното" производство е не само технологично възможно, но и стратегически наложително за устойчивото развитие на сектора.

ABSTRACT

This article presents a comprehensive model for the transformation of the mineral and raw materials industry through the synergy between the principles of the circular economy and environmental, social and governance (ESG) criteria. The emphasis is on the innovative AirCarbon technology - a method for capturing greenhouse gases (methane and CO_2) and their biological conversion into the biodegradable polymer polyhydroxybutyrate (PHB). The consequences of the application of the technology in international and national mining companies, as well as representatives of the energy sector, are graphically presented with real and theoretical data from the last 5 years. Referring to the latest global research in this area (2021-2026), it is proven that "carbon-negative" production is not only technologically possible, but also strategically imperative for the sustainable development of the sector.

III.19. Kuncheva R., Kachkova N., Velichkova P., ESG policies, green processes, energy efficiency and indicators for measuring sustainability, *Proceedings from the student and doctoral scientific session of the UTP,* 2026, 80-83, ISSN: 2815-5041 (online).

Кунчева Р., Качкова Н., Величкова П., ESG политики, зелени процеси, енергийна ефективност и показатели за измерване на устойчивостта, *Сборник доклади от студентска и докторантска научна сесия на Висше училище по телекомуникации и пощи,* 2026, 80-83, ISSN: 2815-5041 (online).

РЕЗЮМЕ

През последните години устойчивото развитие се превърна в ключов фактор за дългосрочния успех на организациите. Компаниите са изправени пред нарастващ натиск от страна на държавни институции, инвеститори, клиенти и обществото да прилагат екологично и

социално отговорни практики. Съвременните организации вече не се оценяват единствено по финансовите си резултати, а и по начина, по който влияят върху околната среда, обществото и вътрешното управление. Настоящата статия разглежда същността на устойчивите бизнес процеси, ролята на ESG политиките, значението на зелените процеси и енергийната ефективност, както и основните показатели за измерване на устойчивостта в организациите.

ABSTRACT
In recent years, sustainable development has become a key factor for the long-term success of organizations. Companies are facing increasing pressure from government institutions, investors, customers and society to implement environmentally and socially responsible practices. Modern organizations are no longer evaluated solely by their financial results, but also by the way they impact the environment, society and internal governance. This article examines the essence of sustainable business processes, the role of ESG policies, the importance of green processes and energy efficiency, as well as the main indicators for measuring sustainability in organizations.

III.20. Velichkova P. Genova P., A brief review of the bioelectrochemical systems application for the critical raw materials extraction from wastewater, *Proceedings of the scientific conference "Knowledge, Science, Innovations, Technologies"*, July 2026, 1324-1332, ISSN 2815-3480 (CD).

Величкова П., Генова П., Кратък преглед на приложението на биоелектрохимични системи за извличане на критични суровини от отпадъчни води, *Сборник с доклади от научна конференция „Знание, наука, иновации, технологии“*, юли 2026, 1324-1332, ISSN 2815-3480 (CD).

РЕЗЮМЕ
Растящото търсене на критични суровини и необходимостта от устойчиво управление на водните ресурси насочват вниманието към отпадъчните води като потенциален източник на вода, енергия, хранителни вещества и ценни елементи в контекста на кръговата икономика. Настоящият обзор анализира потенциала на биоелектрохимичните системи (БЕС) и тяхната интеграция с други процеси за едновременно пречистване на отпадъчни води и възстановяване на ценни ресурси. В заключение интегрираните БЕС представляват обещаваща технология за преход към съоръжения за възстановяване на ресурси, способни да допринесат за устойчивото управление на водите и сигурността на доставките на критични суровини.

ABSTRACT
The growing demand for critical raw materials and the need for sustainable water resource management have drawn attention to wastewater as a potential source of water, energy, nutrients and valuable elements in the context of a circular economy. This review analyzes the potential of bioelectrochemical systems (BES) and their integration with other processes for wastewater treatment simultaneous and valuable resources recovery. In conclusion, integrated BES represent a promising technology for the transition to resource recovery facilities capable of contributing to sustainable water management and security of supply of critical raw materials.

III.21. Nikolova K., Genova P., Velichkova P., Impact of climate change on the mining sector, *Proceedings of the scientific conference "Knowledge, Science, Innovations, Technologies"*, July 2026, 1186-1200, ISSN 2815-3480 (CD).

Николова К., Генова П., Величкова П., Въздействие на климатичните промени върху минно-добивния сектор, *Сборник с доклади от научна конференция „Знание, наука, иновации, технологии“*, юли 2026, 1186-1200, ISSN 2815-3480 (CD).

РЕЗЮМЕ

Климатичните промени увеличават операционните и икономическите рискове за минно-добивния сектор чрез влошаване на водните ресурси, зачестяване на логистично обусловените производствени прекъсвания и повишаване на разходите за енергия и управление на отпадъците. Паралелно, преходът към нисковъглеродни технологии (възобновяема енергия, електрификация, цифровизация) предлага възможности за повишаване на резилиентността, но изисква целенасочени инвестиции и регулаторна подкрепа. За минимизиране на риска са необходими регионално адаптирани оценки на уязвимостта, интегрирани анализи на жизнения цикъл и политики за диверсификация на доставките.

ABSTRACT

Climate change increases operational and economic risks for the mining sector by degrading water resources, raising the frequency of logistics-driven production interruptions, and increasing energy and waste management costs. At the same time, the transition to low-carbon technologies (renewable energy, electrification, digitalization) offers opportunities to strengthen resilience but requires targeted investments and regulatory support. To minimize risk, regionally adapted vulnerability assessments, integrated life-cycle analyses, and supply-diversification policies are needed.

III.22 Genova P., Nikolova K., Angelov A., Velichkova P., Application of the anammox process of landfills water, *Proceedings of the scientific conference "Knowledge, Science, Innovations, Technologies"*, July 2026, 1201-1217, ISSN 2815-3480 (CD) .

Генова П., Николова К., Ангелов А., Величкова П., Приложение на анамокс процеса при третиране на инфилтратни води, *Сборник с доклади от научна конференция „Знание, наука, иновации, технологии“*, юли 2026, 1201-1217, ISSN 2815-3480 (CD).

РЕЗЮМЕ

Инфилтратните води от депата за отпадъци представляват един от най-сложните за третиране видове отпадъчни води поради високите концентрации на амониев азот, трудно разградими органични съединения, соли и потенциално токсични вещества. Конвенционалните технологии за отстраняване на азот, основани на нитрификация–денитрификация, често изискват значителни енергийни разходи и външен въглероден източник. Анамокс (ANAMMOX – Anaerobic Ammonium Oxidation) процесът се утвърждава като иновативна биологична технология за автотрофно отстраняване на азот, която позволява значително намаляване на аерацията, количеството образувана утайка и експлоатационните разходи. Настоящата статия разглежда принципа на работа на анамокс процеса, приложението му при третиране на инфилтратни води, технологичните конфигурации, предимствата, ограниченията и перспективите за бъдещо развитие.

ABSTRACT

Landfill leachate is one of the most difficult wastewaters to treat due to its high concentrations of ammonium nitrogen, persistent organic compounds, salts and potentially toxic substances. Conventional nitrogen removal technologies based on nitrification-denitrification often require significant energy costs and an external carbon source. The Anammox (ANAMMOX – Anaerobic Ammonium Oxidation) process is emerging as an innovative biological technology for autotrophic nitrogen removal, which allows for significant reductions in aeration, sludge generation and operating

costs. This article examines the operating principle of the Anammox process, its application in leachate treatment, technological configurations, advantages, limitations, and prospects for future development.

III.23. Petrova N., Velichkova P., Legal, social and bioethical aspects of using gene editing in human reproduction, *Annual of the University of mining and geology "St. Ivan Rilski"*, 69, 2026, 424-429, ISSN 2738-8808 (print).

Петрова Н., Величкова П., Правни, социални и биоетични аспекти при използване на генно редактиране в човешката репродукция, *Годишник на МГУ*, 69, 2026, 424-429, ISSN 2738-8808 (print).

РЕЗЮМЕ

Генното редактиране, и по-специално базираните на CRISPR-Cas системи технологии, представляват едно от най-значимите постижения на съвременната биотехнология за редактиране на геноми. Потенциалът им за предотвратяване на тежки наследствени заболявания в контекста на човешката репродукция е значителен, но същевременно поражда сложни правни, етични и социални въпроси.

В настоящата статия се анализират основните предизвикателства, свързани с прилагането на генното редактиране в зародишна линия, като поставя акцент върху липсата на единна международна регулаторна рамка, рисковете за човешкото достойнство и възможността за задълбочаване на социалното неравенство. Разглеждат се съществуващите правни режими, ключовите принципи на биоетиката и обществените нагласи към репродуктивните геномни технологии. Подчертава се необходимостта от глобално координирано управление, основано на принципите на предпазливост, прозрачност и обществено участие, с цел постигане на баланс между научния прогрес и защитата на основните човешки ценности.

ABSTRACT

Gene editing, and in particular CRISPR-Cas-based technologies, represent one of the most significant achievements of modern genome editing biotechnology. Their potential to prevent severe hereditary diseases in the context of human reproduction is significant, but at the same time raises complex legal, ethical and social issues.

This article analyzes the main challenges associated with the application of germline gene editing, focusing on the lack of a unified international regulatory framework, the risks to human dignity and the possibility of deepening social inequality. It examines existing legal regimes, key principles of bioethics and public attitudes towards reproductive genomic technologies. It emphasizes the need for globally coordinated governance, based on the principles of precaution, transparency and public participation, in order to achieve a balance between scientific progress and the protection of fundamental human values.