

з встановленими режимами подачі газів, обумовлює більш якісну утилізацію оксидів карбону, сульфуру та нітрогену з одночасним отриманням біопалива.

Встановлені параметри дають змогу раціонального використання газових викидів, що призведе до зниження собівартості біодизельного пального і підвищення рентабельності процесу культивування мікроводоростей.

УДК 662.7:663.551.63

ЗНАЧЕННЯ МІКРО- ТА МАКРОЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ МЕТАНОВОЇ ФЕРМЕНТАЦІЇ

Г. І. Кулічкова¹, В. О. Сивак², К. М. Лукашевич³, Т. С. Іванова⁴, С. П. Циганков⁵

^{1,3,4,5}Державна установа "Інститут харчової біотехнології та геноміки Національної академії наук України", вул. Осиповського, 2а, м. Київ, 04123, тел.: +380444627258; ²Навчально-науковий центр «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, просп. Акад. Глушкова, 2, м. Київ
e-mail: ¹newmilk@ukr.net

Важливість елементів для метанової ферментації важко переоцінити. До металів, що підвищують виробництво метану, та які було виявлено у метаногенних мікроорганізмів, включають залізо, кобальт, молібден, селен, кальцій, магній, цинку, мідь, марганець, вольфрам і бор, а також вітамін В12. Крім участі елементів у процесах метаногенезу дуже важливими є питання забруднення цими елементами навколишнього середовища.

Ключові слова: метанове ферментування, метали, мікроелементи, макроелементи.

VALUES OF MICRO- AND MACROELEMENTS FOR METHANE FERMENTATION

G. Kulichkova¹, V. Syvak², K. Lukashevych³, T. Ivanova⁴, S. Tsygankov⁵

^{1,3,4,5}Institute of Food Biotechnology and Genomics of the NAS of Ukraine; ²Educational and Scientific Centre "Institute of Biology and Medicine" at Taras Shevchenko National Kyiv University

The importance of elements for methane fermentation is difficult to overestimate. Methane-boosting metals found in methanogenic microorganisms include iron, cobalt, molybdenum, selenium, calcium, magnesium, zinc, copper, manganese, tungsten and boron, and vitamin B12. In addition to the participation of elements in the processes of methanogenesis, the issue of pollution of these elements by the environment is very important.

Keywords: methane fermentation, metals, microelements, macro elements.

ORCID: ¹[0000-0001-6909-391X](https://orcid.org/0000-0001-6909-391X), ²[0000-0002-6268-8598](https://orcid.org/0000-0002-6268-8598), ³[0000-0002-8682-9623](https://orcid.org/0000-0002-8682-9623), ⁴[0000-0002-5219-8034](https://orcid.org/0000-0002-5219-8034), ⁵[0000-0002-4166-4124](https://orcid.org/0000-0002-4166-4124)

Метаногенез є основним компонентом циклу вуглецю Землі. Метаногени завершують анаеробну деградацію біомаси. Метан є головними парниковими газом, тому метаногенез має важливе значення для процесу глобального потепління. [1]

Вуглець та нітроген (С, N) беруть безпосередню участь в усіх органічних процесах і у процесах метаноутворення, зокрема. Дуже важливим для анаеробної ферментації є співвідношення С до N. Оптимальним для метанової ферментації є цей показник в межах 25-35. До металів що підвищують виробництво метану включають залізо, кобальт, молібден, селен, кальцій, магній, сульфід цинку, міді, марганець, вольфрам і бор у концентрації мг/л, а також вітамін В₁₂ в концентрації г/л [2].

Відомо про інгібуючу дію сірки. Анаеробні мікроорганізми можуть інгібуватися побічними продуктами метаболізму, що утворюються під час ферментації, такими як водень, амміак, сульфід та ЛЖК (летючі жирні кислоти). Метаногенні бактерії особливо чутливі до неіонізованих молекул аміаку, сульфиду та ЛЖК. Компоненти H_2S та NH_3 у біогазі токсичні та надзвичайно їдкі, пошкоджуючи комбінований теплоенергетичний блок та металеві деталі через викиди SO_2 від згоряння [3].

Метали відіграють важливу роль у різноманітних ферментативних анаеробних реакціях і перетвореннях [4].

Мінімальна кількість мінеральних елементів більша (у 2,2-7,8 рази) при термофільному бродінні, ніж при мезофільному бродінні, що означає збільшення вимог до нарощення біомаси та меншу біодоступність цих мікрометалів у термофільному бродінні [5].

Важкі метали мають інгібуючий ефект на ферментативні системи організмів, проте низькі концентрації деяких важких металів необхідні для стабільної мікробної діяльності. Кобальт, молібден і нікель є необхідними для оптимальної діяльності продуцентів метану та їх ферментів [6]. Дуже важливими є питання забруднення цими елементами навколишнього середовища. Важкими металами є хром, марганець, залізо, кобальт, нікель, мідь, цинк, галій, германій, молібден, кадмій, олово, сурма, телур, вольфрам, ртуть, талій, свинець, вісмут. Більшість з них є у складі бурякової вінаси, яка в Україні скидається на поля фільтрації, під які використовують родючі землі. Найбільш уразливими до забруднення важкими металами виявилися внутрішньоклітинні ферменти, які пов'язані з кругообігом вуглецю та сірки. Важкі метали пригнічують активність ферментів у ґрунті у 3-3,5 рази [7].

Посилання:

1. V. Deppenmeier, Müller: Life close to the thermodynamic limit: how methanogenic archaea conserve energy. *In: Results and Problems in Cell Differentiation*. Band 45, 2008. PMID 17713742, doi:10.1007/400_2006_026, S. 123–152.
2. Sabnis, M., Investigation of how microbes involved in anerobic digestion of vinasse change as functions of temperature, vinasse compositions and time. Ph.D. The University of Texas at Arlington. 2014.
3. Та AT, Babel S (2019) Utilization of green waste from vegetable market for biomethane production: influences of feedstock to inoculum ratios and alkalinity. *J Mater Cycles Waste Manag* 21:1391–1401.
4. F. G. Feroso, J. Bartacek, S. Jansen, and P. N. L. Lens, "Metal Supplementation to UASB Bioreactors: From Cell-Metal Interactions to Full-Scale Application", *Sci. Total Environ.*, 407, 3652–3667, 2009.
5. M. Takashima, K. Shimada, and R. E. Speece, "Minimum requirements for trace metals (Iron, Nickel, Cobalt, and Zinc) in thermophilic and mesophilic methane fermentation from glucose", *Water Environment Research*, 83(4), 339–346, 2011.
6. Schnürer, A. and Jarvis, A. 2010. Microbiological handbook for biogas plants. Swedish Waste Management, 207, U2009:03.
7. А. Ф. Титов, Н. М. Казнина, В. В. Таланова *Тяжелые металлы и растения*. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014, с. 7.

УДК 628.336.3

АДСОРБЦІЯ КОМПОЗИЦІЙ ТА ГРАНУЛ НА ОСНОВІ МУЛОВИХ ВІДКЛАДЕНЬ ТА ТОРФУ

Ж. О. Петрова¹, К. М. Самойленко², Ю. П. Новікова³, Т. А. Вишнєвська⁴

Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Марії Капніст 2а, м. Київ, 03057, Україна
тел.: +380503551610, e-mail: bergelzhanna@ukr.net

У роботі наведені матеріали дослідження адсорбційних властивостей композицій та гранул на основі мулових відкладень та торфу.

Ключові слова: застарілі мулові відкладення, торф, адсорбція.