

ISSN 2518-1491 (Online),  
ISSN 2224-5286 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Д.В. Сокольский атындағы  
«Жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ

# Х А Б А Р Л А Р Ы

---

---

## ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
АО «Институт топлива, катализа и  
электрохимии им. Д.В. Сокольского»

## N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
JSC «D.V. Sokolsky institute of fuel,  
catalysis and electrochemistry»

**SERIES**  
**CHEMISTRY AND TECHNOLOGY**  
**1 (454)**

**JANUARY – MARCH 2023**

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

### **Бас редактор:**

**ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрынұлы**, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының президенті, АҚ «Д.В. Сокольский атындағы отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) Н = 4

### **Редакция алқасы:**

**ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мынжасарұлы** (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» Халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) Н = 11

**АГАБЕКОВ Владимир Енокович** (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі, Жаңа материалдар химиясы институтының құрметті директоры (Минск, Беларусь) Н = 13

**СТРНАД Мирослав**, профессор, Чехия ғылым академиясының Эксперименттік ботаника институтының зертхана меңгерушісі (Оломоуц, Чехия) Н = 66

**БҮРКІТБАЕВ Мұхамбетқали**, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-дың бірінші проректоры (Алматы, Қазақстан) Н = 11

**ХОХМАНН Джудит**, Сегед университетінің Фармацевтика факультетінің Фармакогнозия кафедрасының меңгерушісі, Жаратылыстану ғылымдарының пәнаралық орталығының директоры (Сегед, Венгрия) Н = 38

**РОСС Самир, PhD докторы**, Миссисипи университетінің Өсімдік өнімдерін ғылыми зерттеу ұлттық орталығы, Фармация мектебінің профессоры (Оксфорд, АҚШ) Н = 35

**ХУТОРЯНСКИЙ Виталий**, философия докторы (PhD, фармацевт), Рединг университетінің профессоры (Рединг, Англия) Н = 40

**ТЕЛТАЕВ Бағдат Бұрханбайұлы**, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Қазақстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық даму министрлігі (Алматы, Қазақстан) Н = 13

**ФАРУК Асана Дар**, Хамдар аль-Маджида Шығыс медицина колледжінің профессоры, Хамдард университетінің Шығыс медицина факультеті (Карачи, Пәкістан) Н = 21

**ФАЗЫЛОВ Серік Драхметұлы**, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Органикалық синтез және көмір химиясы институты директорының ғылыми жұмыстар жөніндегі орынбасары (Қарағанды, Қазақстан) Н = 6

**ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробекқызы**, химия ғылымдарының докторы, профессор, Қырғызстан ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА Химия және химиялық технология институты (Бішкек, Қырғызстан) Н = 4

**ХАЛИКОВ Джурабай Халикович**, химия ғылымдарының докторы, профессор, Тәжікстан ҒА академигі, В.И. Никитин атындағы Химия институты (Душанбе, Тәжікстан) Н = 6

**ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджидоглы**, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҰҒА академигі (Баку, Әзірбайжан) Н = 13

**ГАРЕЛИК Хемда**, философия докторы (PhD, химия), Халықаралық таза және қолданбалы химия одағының Химия және қоршаған орта бөлімінің президенті (Лондон, Англия) Н = 15

### **«ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы»**

**ISSN 2518-1491 (Online),**

**ISSN 2224-5286 (Print)**

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.) Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № **KZ66VPY00025419** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *органикалық химия, бейорганикалық химия, катализ, электрохимия және коррозия, фармацевтикалық химия және технологиялар.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекен-жайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., тел.: 272-13-19

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arithv>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2023

Редакцияның мекенжайы: 050100, Алматы қ., Қонаев к-сі, 142, «Д.В. Сокольский атындағы отын, катализ және электрохимия институты» АҚ, каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail: [orgcat@nursat.kz](mailto:orgcat@nursat.kz)

Типографияның мекен-жайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Мұратбаев көш., 75.

### Главный редактор:

**ЖУРИНОВ Мурат Журинович**, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, президент Национальной академии наук Республики Казахстан, генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан) Н = 4

### Редакционная коллегия:

**АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович** (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Караганда, Казахстан) Н = 11

**АГАБЕКОВ В ладимир Енокович** (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН Беларуси, почетный директор Института химии новых материалов (Минск, Беларусь) Н = 13

**СТРНАД Мирослав, профессор**, заведующий лабораторией института Экспериментальной ботаники Чешской академии наук (Оломоуц, Чехия) Н = 66

**БУРКИТБАЕВ Мухамбеткали**, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, Первый проректор КазНУ имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н = 11

**ХОХМАНН Джудит**, заведующий кафедрой Фармакогнозии Фармацевтического факультета Университета Сегеда, директор Междисциплинарного центра естественных наук (Сегед, Венгрия) Н = 38

**РОСС Самир**, доктор PhD, профессор Школы Фармации национального центра научных исследований растительных продуктов Университета Миссисипи (Оксфорд, США) Н = 35

**ХУТОРЯНСКИЙ Виталий**, доктор философии (Ph.D, фармацевт), профессор Университета Рединга (Рединг, Англия) Н = 40

**ТЕЛЬГАЕВ Багдат Бурханбайулы**, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН РК, Министерство Индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан (Алматы, Казахстан) Н = 13

**ФАРУК Асана Дар**, профессор колледжа Восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет Восточной медицины университета Хамдарда (Карачи, Пакистан) Н = 21

**ФАЗЫЛОВ Серик Драхметович**, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, заместитель директора по научной работе Института органического синтеза и углехимии (Караганда, Казахстан) Н = 6

**ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробековна**, доктор химических наук, профессор, академик НАН Кыргызстана, Институт химии и химической технологии НАН КР (Бишкек, Кыргызстан) Н = 4

**ХАЛИКОВ Джурабай Халикович**, доктор химических наук, профессор, академик АН Таджикистана, Институт химии имени В.И. Никитина АН РТ (Душанбе, Таджикистан) Н = 6

**ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджид оглы**, доктор химических наук, профессор, академик НАНА (Баку, Азербайджан) Н = 13

**ГАРЕЛИК Хемда**, доктор философии (Ph.D, химия), президент Отдела химии и окружающей среды Международного союза чистой и прикладной химии (Лондон, Англия) Н = 15

«Известия НАН РК. Серия химии и технологий».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № KZ66VPY00025419, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *органическая химия, неорганическая химия, катализ, электрохимия и коррозия, фармацевтическая химия и технологии.*

Периодичность: 4 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, оф. 219, тел.: 272-13-19

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/archiv>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2023

Адрес редакции: 050100, г. Алматы, ул. Кунаева, 142, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail: [orgcat@nursat.kz](mailto:orgcat@nursat.kz)

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

#### **Editor in chief:**

**ZHURINOV Murat Zhurinovich**, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, president of NAS RK, general director of JSC "Institute of fuel, catalysis and electrochemistry named after D.V. Sokolsky (Almaty, Kazakhstan) H = 4

#### **Editorial board:**

**ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich** (deputy editor-in-chief) doctor of chemical sciences, professor, academician of NAS RK, director of the international Scientific and production holding «Phytochemistry» (Karaganda, Kazakhstan) H = 11

**AGABEKOV Vladimir Enokovich** (deputy editor-in-chief), doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Belarus, honorary director of the Institute of Chemistry of new materials (Minsk, Belarus) H = 13

**STRNAD Miroslav**, head of the laboratory of the institute of Experimental Botany of the Czech academy of sciences, professor (Olomouc, Czech Republic) H = 66

**BURKITBAYEV Mukhambetkali**, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, first vice-rector of al-Farabi KazNU (Almaty, Kazakhstan) H = 11

**HOHMANN Judith**, head of the department of pharmacognosy, faculty of Pharmacy, university of Szeged, director of the interdisciplinary center for Life sciences (Szeged, Hungary) H = 38

**ROSS Samir, Ph.D.**, professor, school of Pharmacy, national center for scientific research of Herbal Products, University of Mississippi (Oxford, USA) H = 35

**KHUTORYANSKY Vitaly, Ph.D.**, pharmacist, professor at the University of Reading (Reading, England) H = 40

**TELTAYEV Bagdat Burkhanbayuly**, doctor of technical sciences, professor, corresponding member of NAS RK, ministry of Industry and infrastructure development of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan) H = 13

**PHARUK Asana Dar**, professor at Hamdard al-Majid college of Oriental medicine. faculty of Oriental medicine, Hamdard university (Karachi, Pakistan) H = 21

**FAZYLOV Serik Drakhmetovich**, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, deputy director for institute of Organic synthesis and coal chemistry (Karaganda, Kazakhstan) H = 6

**ZHOROBEKOVA Sharipa Zhorobekovna**, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Kyrgyzstan, Institute of Chemistry and chemical technology of NAS KR (Bishkek, Kyrgyzstan) H = 4

**KHALIKOV Jurabay Khalikovich**, doctor of chemistry, professor, academician of the academy of sciences of Tajikistan, institute of Chemistry named after V.I. Nikitin AS RT (Tajikistan) H = 6

**FARZALIEV Vagif Medzhid ogly**, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Azerbaijan (Azerbaijan) H = 13

**GARELIK Hemda**, PhD in chemistry, president of the department of Chemistry and Environment of the International Union of Pure and Applied Chemistry (London, England) H = 15

**News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of chemistry and technology.**

**ISSN 2518-1491 (Online),**

**ISSN 2224-5286 (Print)**

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan No. **KZ66VPY00025419**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *organic chemistry, inorganic chemistry, catalysis, electrochemistry and corrosion, pharmaceutical chemistry and technology.*

Periodicity: 4 times a year.

Circulation: 300 copies.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2023

Editorial address: JSC «D.V. Sokolsky institute of fuel, catalysis and electrochemistry», 142, Kunayev str., of. 310, Almaty, 050100, tel. 291-62-80, fax 291-57-22, e-mail: [orgcat@nursat.kz](mailto:orgcat@nursat.kz)

Address of printing house: ST «Aruna», 75, Muratbayev str, Almaty.

**NEWS**

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC  
OF KAZAKHSTAN

**SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY**

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1491.150>

Volume 1, Number 454 (2023) 88-104

UDK 620.92

© N.N. Nurgaliyev\*<sup>1</sup>, A.Zh. Akimzhanov<sup>1</sup>, A.N. Klivenko<sup>1</sup>, A.S. Sabitova<sup>1</sup>,  
E.T. Talgatov<sup>2</sup>, 2023

<sup>1</sup>Shakarim university of Semey, Semey, Kazakhstan;

<sup>2</sup>D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: n.nurgaliyev@semgu.kz

**BIOSTIMULATORS FOR OBTAINING BIOMETHANE DURING  
ANAEROBIC FERMENTATION OF ORGANIC WASTE**

**Nurgaliyev N.N.** — PhD. Shakarim university of Semey. Department «Chemical technology and ecology». 071412. Semey, Kazakhstan

E-mail: n.nurgaliyev@semgu.kz. ORCID: 0000-0003-1216-7150;

**Klivenko A.N.** — PhD. Shakarim university of Semey. Scientific centre of radioecology research. 071412. Semey, Kazakhstan

E-mail: black\_stibium@mail.ru. ORCID: 0000-0002-8971-686X;

**Akimzhanov A.Zh.** — Shakarim university of Semey. Project engineer .071412. Semey, Kazakhstan

E-mail: agregataa@mail.ru. ORCID: 0000-0003-4569-6628;

**Sabitova A.S.** — PhD. Shakarim university of Semey. Department «Chemical technology and ecology». 071412. Semey, Kazakhstan

E-mail: alfa1983@mail.ru. ORCID: 0000-0005-1316-7140;

**Talgatov E.T.** — PhD. D.V. Sokolsky Institute of Fuel. Catalysis and Electrochemistry. Almaty, Kazakhstan

E-mail: eldar-talgatov@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8153-4765.

**Abstract.** The article describes biostimulators of methane fermentation for the profitable processing of organic waste from agriculture, food production, processing plants, sewerage and household waste to obtain a high-value alternative fuel, that is, biogas. *The aim* of the work is to highlight the work on intensifying the process of «methane» fermentation, where biostimulants of gas formation are often used (enzymes, probiotics, trace elements, apple pulp, amaranth pulp, synthetic preparations from organic origin, dietary supplements, etc.). The influence of biostimulators on the change in the ratio of carbon and nitrogen in the fermented mass and on other parameters of the anaerobic fermentation process is described. The behavior of biostimulators in the biochemical process is considered, where the growth rate of bacteria and the intensity of anaerobic digestion increase in an insignificant amount. The positive effects of bioactivators have been studied, where they lead to a reduction in process time, which, in turn, can significantly reduce capital and operating costs. Promising ways to

solve anaerobic fermentation of various substrates using effective biostimulants are recommended. The concept of biochemical stimulation of processes methanogenesis using natural biologically active substances that increase the yield of biomethane in the composition biogas.

**Key words:** biostimulant, biomethane production, anaerobic fermentation, organic waste

**Funding:** This study is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and High Education of the Republic of Kazakhstan (IRN: AP09259846).

© Н.Н. Нурғалиев<sup>1\*</sup>, А.Н. Кливленко<sup>1</sup>, А.Ж. Акимжанов<sup>1</sup>, А.Н. Сабитова<sup>1</sup>,  
Э.Т. Талғатов<sup>2</sup>, 2023

<sup>1</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Семей, Қазақстан;  
<sup>2</sup>Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, катализ және электрохимия институты.  
E-mail: n.nurgaliyev@semgu.kz

## ОРГАНИКАЛЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫ АНАЭРОБТЫ АШЫТУ КЕЗІНДЕ БИОМЕТАН АЛУҒА АРНАЛҒАН БИОСТИМУЛЯТОРЛАР

**Нурғалиев Н.Н.** — PhD. «Химиялық технология және экология» кафедрасы. Шәкәрім атындағы Семей қаласының университеті. 071412. Семей, Қазақстан

E-mail: n.nurgaliyev@semgu.kz. ORCID: 0000-0003-1216-7150;

**Кливленко А.Н.** — PhD. Радиоэкологиялық зерттеулер ғылыми орталығы. Шәкәрім атындағы Семей қаласының университеті. 071412. Семей, Қазақстан

E-mail: black\_stibium@mail.ru. ORCID: 0000-0002-8971-686X;

**Акимжанов А.Ж.** — Жоба инженері. Шәкәрім атындағы Семей қаласының университеті. Семей, Қазақстан

E-mail: agregataa@mail.ru. ORCID: 0000-0003-4569-6628;

**Сабитова А.Н.** — PhD. «Химиялық технология және экология» кафедрасы. Шәкәрім атындағы Семей қаласының университеті. 071412. Семей, Қазақстан

E-mail: alfa1983@mail.ru. ORCID: 0000-0005-1316-7140;

**Талғатов Э.Т.** — PhD. Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, катализ және электрохимия институты, Алматы, Қазақстан

E-mail: eldar-talगतov@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8153-4765.

**Аннотация.** Мақалада жоғары құнды баламалы отынды, яғни биометанды алу үшін ауыл шаруашылығының, тамақ өндірісінің, қайта өңдеу зауыттарының, канализацияның және тұрмыстық қалдықтардың органикалық қалдықтарын тиімді өңдеу үшін метан ашыту биостимуляторлары жайында сипатталған. Мақсаты. «Метанды» ашытуда газ түзілуге қатысатын биостимуляторлардың қолданылуын сипаттау (ферменттер, пробиотиктер, микроэлементтер, алмацеллюлозасы, амарант целлюлозасы, органикалық текті синтетикалық препараттар, қосымша қоспалар және т.б.). Биостимуляторлардың ферменттелген массадағы көміртегі мен азот қатынасының өзгеруіне және анаэробты ашыту процесінің басқа параметрлеріне әсері сипатталған. Биохимиялық процесстегі биостимуляторлардың әрекеті қарастырылды, мұнда бактериялардың өсу қарқыны және анаэробты қорыту қарқындылығы шамалы мөлшерде артады. Биоактиваторлардың оң әсерлері

зерттелді, мұнда олар процесс уақытының қысқаруына әкеледі, бұл өз кезегінде өз кезегінде, күрделі және өндірістік шығындарды айтарлықтай төмендетуі мүмкін. Өртүрлі субстраттардың анаэробты ашытуын тиімді биостимуляторларды қолдану арқылы шешудің перспективалы жолдары ұсынылады. Процестерді биохимиялық ынталандыру туралы түсінік құрамдағы биометатанның шығуын арттыратын табиғи биологиялық белсенді заттарды қолдану арқылы биометан алудағы метаногенез процесін едәуір жеңілдетеді.

**Түйінді сөздер:** биостимулятор, биометан өндіру, анаэробты ашыту, органикалық қалдықтар

**Қаржыландыру:** Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және Жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті арқылы (ЖТН: AP09259846) қаржыландырады.

© Н.Н. Нурғалиев<sup>1\*</sup>, А.Н. Кливенко<sup>1</sup>, А.Ж. Акимжанов<sup>1</sup>, А.Н. Сабитова<sup>1</sup>,  
Э.Т. Талғатов<sup>2</sup>, 2023

<sup>1</sup> Университет имени Шакарима города Семей, Семей, Казахстан;

<sup>2</sup> Институт топлива, катализа и электрохимии имени Д.В. Сокольского.

E-mail: n.nurgaliyev@semgu.kz

## БИОСТИМУЛЯТОРЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОМЕТАНА ПРИ АНАЭРОБНОМ БРОЖЕНИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

**Нурғалиев Н.Н.** — PhD, кафедра «Химическая технология и экология». Университет имени Шакарима города Семей. 071412. Семей, Казахстан

E-mail: n.nurgaliyev@semgu.kz. ORCID: 0000-0003-1216-7150;

**Кливенко А.Н.** — PhD. Научный центр радиоэкологических исследований. Университет имени Шакарима города Семей. 071412. Семей, Казахстан

E-mail: black\_stibium@mail.ru. ORCID: 0000-0002-8971-686X;

**Акимжанов А.Ж.** — инженер проекта. Университет имени Шакарима города Семей. Семей, Казахстан

E-mail: agregataa@mail.ru. ORCID: 0000-0003-4569-6628;

**Сабитова А.Н.** — PhD, кафедра «Химическая технология и экология». Университет имени Шакарима города Семей. 071412. Семей, Казахстан

E-mail: alfa1983@mail.ru. ORCID: 0000-0005-1316-7140;

**Талғатов Э.Т.** — PhD. Институт топлива, катализа и электрохимии имени Д.В. Сокольского, Алматы, Казахстан

E-mail: eldar-talgatov@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8153-4765.

**Аннотация.** В статье изложены биостимуляторы метанового брожения для выгодной переработки органических отходов сельского хозяйства, пищевых производств, перерабатывающих предприятий, канализационных и бытовых отходов для получения высокоценного альтернативного топлива, то есть биометана. Целью работы является освещение работы по интенсификации процесса «метанового» брожения, где часто применяют биостимуляторы газообразования (энзимы, пробиотики, микроэлементы, яблочный жом, жом амаранта, синтетические препараты с органического происхождения, БАД и

др.). Описаны влияние биостимуляторов на изменение соотношения углерода и азота в сбраживаемой массе и других параметров процесса анаэробного брожения. Рассмотрены поведение биостимуляторов в биохимическом процессе, где в незначительном количестве повышается скорость, интенсивность анаэробного сбраживания. Изучены положительные влияния биоактиваторов, которые приводят к снижению времени процесса, тем самым дают возможность существенно снизить эксплуатационные и капитальные расходы. Рекомендованы перспективные пути решения анаэробного брожения различных субстратов с использованием эффективных биостимуляторов. Была разработана модель биохимического стимулирования процессов метаногенеза с использованием природных биологических активаторов, повышающих выход биометана.

**Ключевые слова:** биостимулятор, получение биометана, анаэробное брожение, органические отходы

**Финансирование:** данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (ИРН: AP09259846).

## Введение

Биометан является продуктом обмена веществ бактерий, образующийся вследствие разложения ими органического субстрата. Данный процесс брожения можно разделить на четыре этапа, на каждой стадии принимают много различных бактерий:

1) На первой стадии аэробные бактерии меняют положение высокомолекулярных органических субстанций (белок, углеводы, жиры, целлюлозу) с помощью энзимов на низкомолекулярные вещества, такие как жирные кислоты, сахар, аминокислоты. Энзимы, выделенные гидролизными бактериями, прикрепляются к внешней стенке бактерий и расщепляют органические составляющие сырья на малые растворимые соединения. Высокомолекулярные соединения превращаются в мономеры. Данный процесс является гидролизом, имеет медленное течение и зависит от внеклеточных энзимов. Уровень pH (4,5–6) и время пребывания в резервуаре существенно влияет на процесс брожения.

2) На второй стадии расщеплением занимаются кислотообразующие бактерии. Свободные молекулы проникают в клетки рабочих бактерий, и они начинают разлагаться. Частично принимают участие анаэробные бактерии, употребляющие остатки кислорода и образующие метановые бактерии в анаэробных условиях. В первую очередь при pH 6–7,5 выделяются нестойкие жирные кислоты (уксусная, муравьиная, масляная и пропионовая кислоты), низкомолекулярные спирты, двуокись углерода, углерод, сероводород и аммиак. Данную стадию называют фазой окисления.

3) На третьей стадии кислотообразующие бактерии выделяют исходные продукты для превращения метана, а именно уксусная кислота, углерод и двуокись углерода. Данные бактерии являются очень чувствительными.

4) На последней стадии образуется биометан, двуокись углерода и вода как



продукт работ метановых бактерий и жирных кислот, углерода и водорода. 90 % всего биометана выделяется на этой стадии, из них 70 % производится из уксусной кислоты. Образование уксусной кислоты является фактором, определяющим состояние образования биометана.



Рис. 1. Процесс разложения субстрата  
(Fig.1. Substrate decomposition process)

Расщепление органических веществ на составляющие и конверсии в биометан может проходить только во влажной среде, потому что рабочие бактерии перерабатывают соединение в растворенном виде. Брожение твердого сырья обязательно требует водную среду (Varbaga, 2008).

*Основная часть.* На данное время известно 10 разных видов *methanosoccus* и *methanobacterium* размером всего лишь 1/1000 мм, которые могут существовать в разной среде. На стадии расщепления полупродукты переваривания каждой из рабочих группы бактерий выступают питательными веществами для других рабочих бактерий.

Распадение органических веществ происходит не в одно время и не с одинаковой скоростью. Все группы бактерий работают с разной скоростью. Во время генерации аэробные бактерии при достаточном питании удваивают свою массу на протяжении до 10 часов, а у аэробных бактерий — существенно медленнее. Образование уксусной кислоты проходит более медленно, чем другие. Всем бактериям необходимо несколько дней для расщепления питательных соединений и для удвоения собственных масс.

Скорость расщепления сырья сильно влияет на время процесса брожения. Поэтому при планировании биометанового комплекса стоит определить, какие субстраты лучше использовать для анаэробного брожения. Кроме времени для брожения, значимую роль играют экономические показатели. При переработке одревесневших материалов стоит предусмотреть большой объем ферментатора, для того чтобы получить из них биометан. С точки зрения экономики — не

особая характеристика. Во время анаэробного брожения определяется динамика расщепления и быстрота распада определенного сырья.

По новому заполнению ферментатора субстратом, после прохождения отдельных фаз расщепления, биометан образовывается очень медленно. Ежедневно выработанное количество биометана будет расти до максимума. Достижения конечного момента субстрата, когда он легко разлагается и будет переработан бактериями до тяжело переваривающих веществ. То есть количество ежедневного выделяемого биометана будет понижаться, до максимальной точки расщепления субстрата в соответствии с рисунком 2.

По современным методам загрузки субстрата принято использовать постепенный процесс, когда субстрат подается в рассчитанном количестве, тогда производится равномерный выход биометана. Производительность биометана из органического субстрата постепенно увеличивается, увеличивается время для брожения. При долгосрочном времени пребывания субстрата в ферментаторе нецелесообразно, потому что на практике никогда не доходит до полного расщепления органических отходов (Du, 2015).

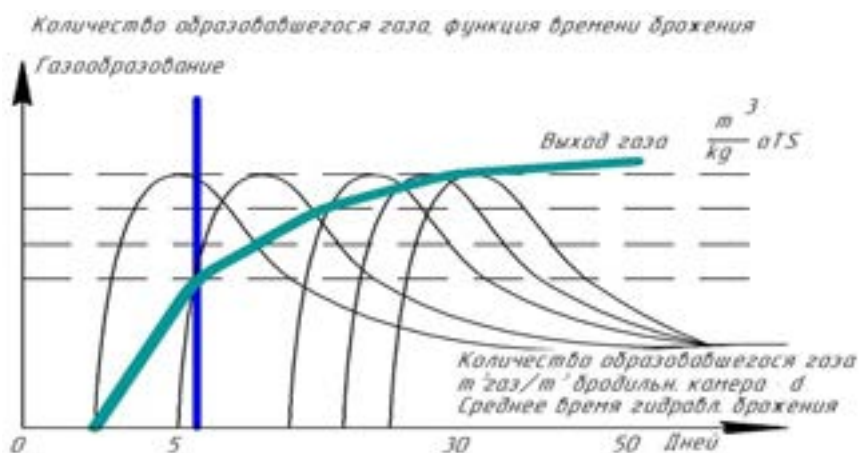


Рис.2. Влияние времени брожения на количество газа и выход газа  
(Fig.2. Effect of fermentation time on gas amount and gas yield)

В данное время существуют две группы методов интенсификации процессов метанового сбраживания — микробиологическая и конструктивно-технологическая. Микробиологические методы интенсификации процесса метанового брожения делятся на следующие направления: коферментация, где получают новые штаммы микроорганизмов и используются в роли стимулирующих добавок. При коферментации растительный субстрат дает значительно высокий выход биометана по сравнению с отходами животного происхождения, значит имеет различные факторы для брожения. Коферментация является современным направлением для повышения выхода биометана, то есть совместное сбраживание отходов животного и растительного происхождения. В

интенсификации процесса анаэробного сбраживания органических отходов роль конструктивно — технологического метода невелик, потому что применяется в не-значительном виде (Yakhin, 2017).

Для повышенной способности к метанообразованию необходимо перспективным путем получить новые штаммы микроорганизмов. Фирма «Matsushita Electric Industrial Co» получила и массовую культуру бактерий *Methanobacteriumkadamensis*, где они завершают процесс сбраживания за 8 суток, а не за 15–20 дней. Большую роль играют те же добавки, где они стимулируют процесс окисления. Органические биокатализаторы добавляются в исходную массу, тем самым они изменяют соотношение углерода и азота (до C/N=20/1-30/1), то есть идет интенсификация процесса сбраживания. Кроме того, используются разные ферменты и энзимы.

Биостимуляторы — это продукты, снижающие потребность в лишней энергии и повышающие рост нужных бактерий, а также устойчивые к многим абиотическим стрессам. В малых концентрациях эти вещества эффективны, способствуют хорошему функционированию жизненно важных процессов брожения субстратов и позволяют получать высокий выход биометана и продукцию хорошего качества.

В различных источниках сообщалось о многих определениях биостимуляторов. Согласно работе (Basak, 2008), биостимуляторы можно классифицировать в зависимости от механизма действия и происхождения активного ингредиента; в то время как предлагаемые биостимуляторы следует классифицировать на основе их действия на брожение или физиологических реакций отходов, а не их состава. Кроме того, подчеркивает важность окончательного воздействия на продуктивность окончательного продукта, т.е. биометана и биомассы.

Внебольших концентрациях эти вещества эффективны, повышая эффективность питания, устойчивость к абиотическому стрессу или улучшая характеристики урожая независимо от содержания в нем питательных веществ. Эти вещества при экзогенном применении обладают сходным действием с группами известных растительных гормонов, основными из которых являются ауксины, гиббереллины и цитокинины (Bulgari, 2015).

Как правило, биостимуляторы производятся как смесь природных или синтетических веществ, состоящих из гормонов или предшественников гормонов растений. При правильном применении в сельском хозяйстве они воздействует непосредственно на физиологические процессы, обеспечивая потенциальную пользу для роста, развития и/или реакции на водный стресс, солевой раствор и токсичные элементы (Kawachara, 1999).

Применение экстрактов водорослей или других растений благотворно влияет на рост и адаптацию к стрессу. Экстракты водорослей, гидролизаты белков, гуминовые и фульвокислоты и другие составные смеси обладают свойствами, выходящими за рамки основного питания, часто улучшая устойчивость.

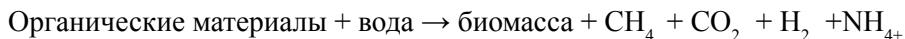
Следовательно, серия биостимуляторов была разработана и реализовывалась в основном в сельскохозяйственном секторе. Например, биостимуляторы, продаваемые под торговыми названиями Generate, CropSet, Fulcrum и Redicrop

2000, оказали положительное воздействие как на корневую систему, так и на опрыскивание листьев у трех видов деревьев таких как: *Quercus rubra*, *Betula pendula* и *Fagus sylvatica* (Du, 2015).

Биостимуляторы на основе гуминовых веществ изучались с точки зрения их биостимулирующей активности. Что касается характеристик отходов, результаты показали заметное улучшение физических и химических свойств отхода за счет гуминовых веществ, а экстракт листьев *Moringa oleifera* считается биостимулятором, который используется для брожения в нормальных условиях. Применение биостимуляторов на основе гуминовых веществ для брожений показало способность к осмотическому регулированию за счет поддержания абсорбции воды (Jorobekova, 2019).

Во многих случаях процесс анаэробного сбраживания нуждается в термофильных условиях (45–55°C) для улучшения некоторых показателей, но оно требует немало затрат энергии. Благодаря микроорганизмам, в процессе анаэробного сбраживания отходы подвергаются к сложным биохимическим превращениям.

Суммарные биохимические процессы можно описать следующим условным уравнением:



Качество выделенного биометана оценивается в первую очередь содержанием биометана. Напротив, двуокись углерода разбавляет биометан и отрицательно влияет на энергетические показатели. Параллельно механизмом биохимических процессов метаногенеза также включает реакции, приводящие к выделению водорода, в конечном составе биометана составляет не более 1 об. %, где он взаимодействует с двуокисью углерода и превращается в метан. В биохимической конверсии смеси  $\text{CO}_2/\text{H}_2$  является причиной повышенного содержания  $\text{CO}_2$  до 30–40 об. % в составе биометана. Исходя из разных исследований на рисунке 3, приведен механизм брожения органических отходов.



Рис.3. Механизм брожения органических отходов  
(Fig.3. Mechanism of fermentation of organic waste)

На практике имеется два главных подхода к повышению эффективности производства биометана из переработки отходов сельского хозяйства, основанных на принципах ВЕР (*Best Environmental Practics*), то есть наиболее эффективное и удачное, с экологической, экономической и социальной точки зрения, применение наилучшей существующей технологии либо другой технологии в хозяйственной деятельности, с учётом национальных, региональных и местных особенностей и ВАТ (*Best Avialable Technics*), т.е. это «наилучшие доступные методы», передовые и проверенные методы предотвращения и контроля промышленных выбросов и более широкого воздействия промышленных установок на окружающую среду, которые разрабатываются в масштабе, обеспечивающем их внедрение в экономически и технически жизнеспособных условиях.

Согласно современной концепции двойной эффективности улучшения производства экологической и экономической стороны, соответственно (Saravanane, 2001).

Органические вещества полностью не окисляются и часть доли энергии исходного субстрата сохраняется в достаточно промежуточных продуктах процесса сбраживания. Между аэробным и анаэробным процессами существует важное отличие, которое заключается в количестве органических веществ, превращаемых в клеточный материал, характеризующих прирост биомассы и образование осадков и требуют специальной обработки. Такая обработка усложняет технологическую схему очистных сооружений и является сложным.

Как показано в работах (Huang, 2021), анаэробно очищенные сточные воды содержат остаточное количество не окислённых полупродуктов брожения, которых необходимо удалить аэробным путем перед сбросом стоков в водоемы. Остаточные органические загрязнения составляют 10–20 кг ХПК/м<sup>3</sup> и потребуют не 10–20 кВт час на окисление, когда дойдут до трудно- разлагаемых, то тогда потребуют в 2 раза больше 20–40 кВт час.

В (Aquino, 2007) работе описано исследование, где на рисунке 4, композиция таких соединений типа  $\text{BIOSTIMSBCH}_4$  способствует интенсификации процесса анаэробного сбраживания органического барды и повышению общего выхода биометана и содержания в нём биометана. При использовании этих активаторов в 3–4 раза повышается производительность процесса метаногенеза и скорость выделения биометана. При введении этих композиций в метаногенный процесс, оно приводит к увеличению доли биометана в составе биометана с 65–70 % до 90–95 %.

Согласно результатам исследований, применение биологически активных веществ (БАВ), композиционных добавок дает возможность получить практически тот же объем биометана, только в 3,7 раза быстрее.

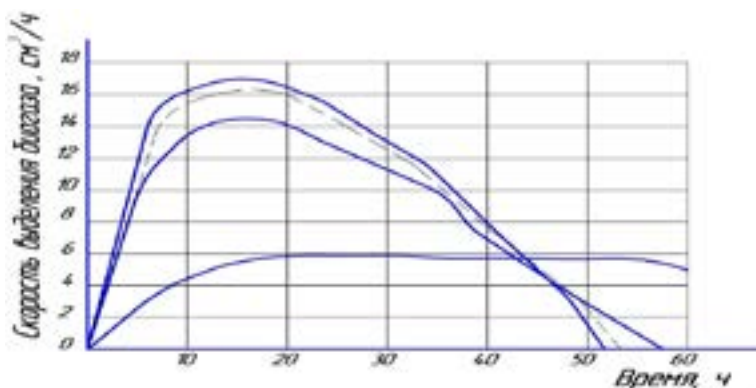


Рис. 4. В зависимости от концентрации биологических активных композиций BIOSTIM-SBCH<sub>4</sub>, скорость выделения биометана при анаэробном сбраживании изменяется;

1 – контроль; 2- 2,5 мг/л; 3-5,0 мг/л; 4-10,0 мг/л. Условия:  $V_{\text{реактор}} = 3 \text{ дм}^3$ .

(Fig. 4. Depending on the concentration of biologically active compositions BIOSTIM-SBCH<sub>4</sub>, the rate of release of biomethane during)

Чтобы повысить эффективность процесса, системы анаэробного брожения претерпели несколько модификаций за последние десятилетия. В этом смысле, стремясь к преодолению метаногенеза как лимитирующего шага, эффективное удержание медленно растущей метаногенной биомассы было наиболее важным вызовом. Важной вехой стала разработка новой конструкции реактора, то есть анаэробная иловая оболочка восходящего потока реактор, содержащий хорошо осаждаемый метаногенный шлам из-за образование плотного илового слоя (Миндубаев, 2010).

Ряд авторов указывают о значительном улучшении производства биометана, когда неочищенные и коммерческие ферменты используются для предварительной обработки сложных органических веществ. Были проведены исследования по улучшению производства биометана из лигноцеллюлолитических материалов, одного из крупнейших и возобновляемых источников энергии на Земле после предварительной обработки целлюлазами и микроорганизмами, продуцирующими целлюлозу. Липиды (характеризуемые как масло, жир и свободные длинноцепочечные жирные кислоты) являются основным органическим соединением в сточных водах, образующихся из отходов пищевой промышленности и считается очень трудным для преобразования в биометан. С использованием фермента было исследовано дозирование для улучшения анаэробного переваривания различных сложных органических материалов (Broudiscou, 2000).

Метаногенные бактерии (Archaea) — строгие анаэробы, лишённые толерантности по отношению к кислороду, поскольку это одна из древнейших групп бактерий из всех прокариот, которые появились на Земле в период отсутствия кислорода. Такие бактерии не могут синтезировать фермент супероксид-дисмутазу, которая используется аэробными организмами для нейтрализации токсичных ионов кислорода  $O_{2+}$ ,  $O_+$  и радикалов  $OH^*$ , которые быстро образуются

в жидкой массе. Так, например, метаногенные виды *Methanococcus voltae* и *Methanococcus vannielii* показывают почти нулевую толерантность по отношению к кислороду. *Methanosarcina* имеют период полураспада 4 мин в воздушной среде, тогда как виды *Methano-bacterium thermoauto trophicum*, *Methanobrevi bacterarboriphilus* и *Methanosarcina barkeri* не уменьшают размер колонии при выдерживании на воздухе более 30 час.

Известен также эффект адаптации ряда метаногенов к небольшому количеству кислорода. Ограниченная аэрация способствует ускорению стадии гидролиза органического сырья во время анаэробного сбраживания в условиях мезофильного режима.

В различных источниках сообщалось о многих определениях биостимуляторов. Согласно работе (Broudiscou, 2000), биостимуляторы можно классифицировать в зависимости от механизма действия и происхождения активного ингредиента; в то время как предлагаемые биостимуляторы следует классифицировать на основе их действия на брожение или физиологических реакций отходов, а не их состава. Кроме того, подчеркивает важность окончательного воздействия на продуктивность окончательного продукта, т.е. биометана и биомассы.

Метаногенные бактерии чувствительны к содержанию в среде солей тяжелых металлов (Cr, Cu, Se, Ni, Pb), благодаря чему даже разрабатываются микробиологические тесты на присутствие металлов в почве и воде, обладающие очень низким порогом обнаружения. Тем не менее, предварительное компостирование органического сырья, загрязненного тяжелыми металлами, как недавно показано (Desoky, 2016), позволяет в анаэробных условиях придавать им меньшую биодоступность путем перевода в более нерастворимые формы.

В обзорах (Fowler, 2012) проанализирована стимулирующая, ингибирующая и антагонистическая роль тяжелых металлов в процессе анаэробного сбраживания. Рассмотрено многообразие как биотических, так и абиотических детоксицирующих механизмов. Вообще металлы играют важную роль в анаэробном сбраживании: как необходимые микроэлементы для различных ферментативных реакций (1), как ингибиторы и токсиканты ферментативных реакций всей микробной биомассы (2), как стимуляторы и промоторы микробной агрегации (3), как ингибиторы сульфидной токсичности (4). Те металлы, которые входят в структуру молекул (металлофлавопротеинов, цитохромов и 8, Fe-содержащего ферридоксина) важны и не могут быть удалены без разрушения молекулы. В большинстве случаев металлы обратимо взаимодействуют с белками, образуя так называемые активные комплексы, которые стабилизируют активную конформацию белка и способствуют реализации его функции. Металлы можно расположить в следующий ряд по их содержанию в клетках метаногенов: Fe > Zn > Co = Mo > Cu > Mn, причем наиболее важны из них Ni, Co. Важность Fe связана с его свойствами и вовлеченностью в энергетический метаболизм в качестве цитохрома и ферридоксина. Ni существенен для гидрогеназы, катализируя превращение  $H_2$   $2H^+ + 2e^-$  и CO-дегидрогеназу, которая играет существенную роль в ацетогенных и метаногенных бактериях. Ni присутствует в компоненте метилредуктазной

системы, и включается в последнюю стадию метаногенеза. Вольфрам находят в 20 видах метанопродуцирующих бактерий и клостридиях. Молибден важен для сульфат-восстанавливающих бактерий.

В работе (Szymanska, 2013) было исследовано влияние избирательного удаления тяжёлых металлов (Cr, Cu, Fe, Ni и Pb) из подвергнутого анаэробной переработке ила из стоков предприятия «Юен Лонг» (Гонконг) в системе из нескольких реакторов посредством выделенной культуры местной железобактерии. Было показано, что выделенная местная культура железобактерий эффективно удаляет Cr, Si, Zn и Ni из подвергнутого анаэробной переработке ила, собранного на очистных сооружениях. Инокуляция железобактериями и добавление 4 г/л  $Fe^{2+}$  (в форме  $FeSO_4 \times 7H_2O$ ) приводит к эффективному выводу тяжёлых металлов спустя 10 дней обработки: Cr (55 %), Cu (92 %), Zn (83 %), Ni (54 %), Pb (16 %). Увеличение срока переработки до 16 дней ведёт к удалению 71 % хрома, но снижает эффективность удаления меди до 67 % в результате реадсорбции растворённой меди твёрдыми частицами ила. Удаление хрома и меди тесно связано с микробиологической активностью ила, особенно в случае хрома. Сравнительно низкая эффективность связывания хрома указывает на возможность дальнейшего улучшения биологической системы очистки и выведения более эффективных микроорганизмов-очистителей. Тем не менее, содержание тяжёлых металлов в перерабатываемом иле было в пределах допустимого уровня для использования в сельском хозяйстве.

Отмечена высокая способность метаногенных культур обезвреживать продукты химической промышленности, причем даже такие, с трудом поддающиеся биологическому расщеплению вещества, как хлорорганические соединения, нитросоединения, амины, сульфокислоты и четвертичные алкил- и ацилсодержащие аммонийные соли, бензол, толуол, производные нафталина (Chi, 2011).

Большой интерес представляет исследование влияния на метанопродуцирующую микрофлору биомасс и экстрактов различных видов растений. В работе (Broudisco, 2000) тринадцать растительных экстрактов, отобранных по наивысшей флавоноидной активности, сравнивались по своей сбраживаемости в 1л ферментаторах, содержащих смесь экстракта из травяного сена и ячменного зерна в соотношении 1:1. Используя дробный факториал, авторы определяли скорость сбраживания каждого экстракта в количестве 0,5г каждый день. Выход газа возрастал в присутствии *L.officinalis* (+11,9 %  $CO_2$  и +13,7 %  $CH_4$ ) и *S.virgaurea* (+7,8 %  $CO_2$  и +7,7 %  $CH_4$ ), тогда как воздействие хвоща полевого (*Equisetum arvense*) его снижало (-10,6 %  $CO_2$  и -14,2 %  $CH_4$ ). Метаногенез подавлялся также в присутствии шалфея лекарственного (*Salvia officinalis*) (-8,2 %). В заключение, к экстрактам, рекомендованным на дальнейшее изучение, относятся таковые из *L. officinalis* и *S. virgaurea* — за стимуляцию брожения, и из *E. arvense* и *S. officinalis* — за ингибирование выработки  $CH_4$ . Авторы работы утверждают, что стимулятором активности микрофлоры являются растительные флавоноиды, поскольку они регулируют сверх спирализацию генома у клубеньковых азотфиксирующих



бактерий, живущих в корнях растений семейства бобовых, а также влияют на транспорт электронов в бактериальных мембранах.

Следует особо подчеркнуть различие между стимуляцией и подкормкой. Стимуляторы не являются источниками биогенных элементов или энергии для живых клеток. Следовательно, сахара или жирные кислоты не являются стимуляторами метаногенеза, несмотря на сильное активирующее действие.

Существенно большее число работ посвящено поиску ингибиторов метаногенеза. Такой интерес объясняется, прежде всего, двойственным отношением к биологическому метаногенезу. Метан является не только возобновляемым топливом, но и парниковым газом, причем в 20 раз более эффективным, чем  $\text{CO}_2$ . По положениям Киотского протокола, в целях охраны окружающей среды требуется сокращать эмиссию метана в атмосферу.

К ингибиторам метаногенеза относят и вещества растительного происхождения — сапонины и танины. Авторы работы (Хц, 2018) исследовали влияние фракций, богатых сапонинами, на брожение в рубце, выделение метана и микробное сообщество. Сапонины выделялись из листьев *Carduus*, *Sesbania* и *Knautia*, и из семян пажитника сеного (*Trigonella foenum-graecum*). Субстраты с двумя концентрациями сапонинов инкубировались с использованием метода Гогенгейма. Численность простейших упала на 10–39 %. Сапонины *Sesbania* уменьшили популяцию метано-генов на 78 %; наблюдалось также уменьшение численности грибов рубца (20–60 %), рост *Fibrobacter succinigenes* (21–45 %) и *Ruminococcus flavefaciens* (23–40 %). Авторы пришли к выводу, что сапонины обладают антипротозойной активностью, которая, однако, не приводит к сокращению метаногенеза. Сапонины семян пажитника имеют свойство усиливать активность рубца. Сапонины влияют на микробное сообщество, усиливая рост бактерий, расщепляющих волокна, и подавляя популяции грибов. Таким образом, прямая связь между численностью простейших и метаногенезом, на которую оказывают влияние сапонины, не является обязательной. Ни один сапонин не проявил угнетающего действия на выделение метана у жвачных.

Особый интерес представляют данные работы (Ана, 2015), поскольку методы, описанные в ней, имеют сходство с использованными в настоящей работе. Исследование сопровождалось определением содержания общего сахара, общего белка, общего танина и общего сапонины в водных, метанольных и ацетоновых экстрактах из двадцати одного вида травянистых растений. В дальнейшем также изучалось влияние растительных экстрактов на грамположительные и грамотрицательные культуры бактерий, их антимикробный потенциал, снижение выхода метана и разлагаемость сухого субстрата *invitro* (IVDMD). Перечень растений, которые использовались в исследовании, следующий: *Asparagusracemosus*, *Menthaarvensis*, *Alstoniascholaris*, *Aloebarbadanis*, *Tribulusterrestris*, *Dioscoreabulbifera*, *Alliumsativum*, *Coriandrum sativum*, *Zingiberofficinale*, *Alliumcepa*, *Azadiractaindica*, *Withaniasomnifera*, *Terminaliabelerica*, *Eucalyptusglobulus*, *Psidiumguajava*, *Terminaliaarjuna*, *Terminaliachebula*, *Acaciaconcinna*, *Sapindusmukorossi*, *Saracaasoca* и *Syzigiumcumin*.

Различные по составу экстракты получены обработкой метанолом, ацетоном и водой и охарактеризованы по содержанию общего сахара, общего танина и общего сапонины. Исследовано их влияние на метаногенез. Для определения антимикробного потенциала экстрактов применялись четыре бактериальные культуры: стрептококки, стафилококки (грамположительные), *Escherichiacoli* и *Enterobacter* (грамотрицательные). Метанол, ацетон и вода использовались в качестве контроля. Показано, что ацетоновый и метанольный экстракты из *E. globulus* и водный экстракт *S. mukorossi* и *E. globulus* являются лучшими ингибиторами метаногенеза *in vitro*. *Enterobacter* оказался бактерией, наиболее чувствительной к исследованным экстрактам, на него оказали подавляющее действие 70 % исследуемых экстрактов. Ацетоновые экстракты оказались более эффективными ингибиторами роста бактерий по сравнению с метанольными и водными.

В статье (Broudiscou, 2000) показано, что некоторые растения, содержащие сапонины, в первую очередь бобовые, используются в пищу животными, но целый ряд растений являются ядовитыми. Описаны некоторые эксперименты *in vitro* и *in vivo*, показывающие благотворное влияние сапонинов, уничтожающих биоту рубца и влияющих на состав конечных продуктов брожения.

Данные авторы работы сосредоточились на решении задачи определения влияния *in vitro* и механизма действия сапонинов чая на микробное сообщество рубца и выделение метана. В Китае, стране-производителе чайного листа, сапонины указанного растения являются крупнотоннажным продуктом. Сапонины экстрагировались из семян чая, после чего ферментировались *in vitro* вместе с содержимым рубца и чистой культурой *Methanobrevibacter ruminantium*. Добавление сапонинов чая значительно понижало выход метана и экспрессию гена *mer A* при ферментации в рубце, но не в чистой культуре *M. ruminantium*. Численность простейших и грибов снизилась на 50 % и 79 %, соответственно, но численность метаногенов не изменилась, а у *Fibrobactersuccinigenes* возросла на 41 %. Разнообразие бактерий в культурах с присутствием и с отсутствием сапонинов оказалось сходным.

В уже упомянутой работе исследовалось воздействие танинов бобовых. По результатам двух экспериментов авторами было определено влияние танинов через добавление обогащенного ими бобового экстракта на эмиссию метана. Потребление экстракта танина уменьшало выделение метана, что приводило к увеличению роста тела на 13 %. Эти результаты свидетельствуют о том, что частично экстрагированные танины могут применяться с целью смягчения эмиссии метана без значительного сокращения в корме очень богатых танинами кустарниковых бобовых, очень эффективно ограничивающих метаногенез без снижения качества корма.

Таким образом, данные по ингибированию метаногенеза растительными метаболитами несколько противоречивы: в одних работах указывается, что подавление жизнедеятельности простейших рубца не затрагивает метаногенез, в других сообщается о снижении выхода метана. Вероятно, это зависит от

видовой принадлежности испытуемых животных, состава микрофлоры рубца и свойств метаболитов конкретных растений. Подробное изложение материала по ингибированию метаногенеза важно с методологической точки зрения по исследованию ингибирования и стимуляции метанового брожения, которые предприняты в работе (Chi, 2011).

Оптимальным сырьем для производства биометана является смесь навоза КРС и органических отходов. Но вопросом остается изучение влияния биоактиваторов на процесс получения биометана. В ходе ряд передовых исследований установлено, что фитомасса багряного амаранта (*Amaranthus cruentus*) представляет собой высокий стимулирующий эффект в процессе метаногенеза даже трудно ферментируемых органических субстратах. Кроме отходов КРС, они исследовались в процессе сбраживания пивных дробин, жома сахарной свеклы и показали высокую эффективность по выходу биометана в количестве 400 литров из 1 кг данного субстрата. Также при вовлечении амаранта дает возможность увеличить содержание биометана в несколько раз, чем в других стимулирующих агентах.

Развитие метаногенных микроорганизмов определяется составом питательных сред. Метаногенному сбраживанию, как и любому другому типу брожения, легче всего подвергаются моно — и олигосахариды, а также полисахариды, легко поддающиеся осахариванию (крахмал, гемицеллюлозы). Устойчивая к гидролизу целлюлоза сбраживается с трудом, а особенно трудно усваиваемым субстратом является лигноцеллюлоза, которую перед сбраживанием рекомендуется разлагать гидротермолизом при температуре 350°C и давлении 240 бар. Предлагаются и другие методы предварительной обработки труднодоступного питательного сырья: ультразвуком различной частоты и интенсивности, щелочным гидролизом, ферментативным гидролизом целлюлозы с помощью низших грибов рода *Neocallimastix* (Chi, 2011), а также бактерий целлюлолитиков рода *Fibrobacter*.

Исходя из многолетних исследований ученых, развивается направление по разработке биостимуляторов на основе амарантной группы растений. Потому что по данному веществу доказано положительное действие по брожению биомасс.

В последнее время в мире высокоэффективные сельскохозяйственные культуры широко используются в самых различных сферах науки. Но в Казахстане амарант, насчитывающий свыше пятидесяти видов, считается у сельхозников сорняком. Одной из особенностей амаранта является влияние на расщепление биомассы. Учитывая эти факторы, амарант можно использовать для повышения эффективности выработки биометана путем стимуляции метаногенной микрофлоры (Szymanska, 2013).

Простимулировать выход биометана можно с помощью кавитационных пузырьков или каверн, заполненных газом, паром или их смесью деструкторов биомассы. Данная работа отличается универсальностью применения исходного субстрата и высокопотенциального рабочего ресурса. Исследованная и спроектированная конструкция деструктора позволяет применить разрушительный эффект кавитации для придания исходного субстрата гомогенной

биомассы. Под влиянием направленной кавитации в сырье разрушаются сложные связи волокон органических соединений на молекулярном уровне. В данном процессе дисперсность исходного сырья значительно увеличивается и частицы уменьшаются до 0,1–8 мкм. Все бактерии участвующего в процессе образования биометана на всех его стадиях становится легче разделять биогенные вещества, и однородная структура разрушается. В конце увеличивается площадь покрытия рабочих бактерий на исходного субстрата (Белостоцкий, 2012).

Также исследовано влияние фитомассы амаранта (*A. cruentus*) на процесс метаногенеза и показано, что она является достаточно сильным его стимулятором. Это особенно важно в случае трудноферментируемых субстратов, таких как пивная дробина и свекловичный жом. При этом в его присутствии выработка метана в биометане возрастает, иногда — на порядок. В случае питательных субстратов (навоз) в присутствии амаранта отмечается заметное ускорение газообразования. Показано также, что высокое содержание органического азота, которое вносит амарант в субстрат, не вызывает подавления жизнедеятельности метаногенов. В результате исследования был разработан лабораторный метод анаэробной переработки сырья для получения биометана. Установлено, что лучшим из исследованных нами видов сырья для этой цели является навоз с добавкой амаранта.

### **Заключение**

В рамках экономики замкнутого цикла разработка биостимуляторов из органического сырья имеет значительный потенциал повышения ценности, даны следующие выводы:

1. По проведенным анализам разработка биостимуляторов на основе культурных растений как амарант растущий во многих регионах, легко доступны и эффективны. Однако необходим более широкий профиль, охватывающий молекулярное и физиологическое воздействие биостимулятора на целевые субстраты.

2. Биостимуляторы синтетического происхождения и извлеченные из собственного сырья, открывают путь для исследовательских и промышленных партнеров, от лабораторных исследований, прототипирования до коммерциализации и приносят пользу производителям сельскохозяйственных сектора и потребителям.

3. Использование биостимуляторов органического и синтетического происхождения для органических отходов даёт возможность повысить уровень содержания горючего компонента в биометане до 9–10 раз, то есть открыт широкий спектр получения высокоценных биостимуляторов для сферы возобновляемый энергетики.

### **REFERENCES**

- Barbara E., Khainz Sh., 2008 — *Barbara E., Khainz Sh. Biogas plant//Zorg Biogas, Book (in Eng.)*.  
Du Jardin P., 2015 — *Du Jardin P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Scientia Horticulturae, 19. Pp.3–14 (in Eng.)*.

Yakhin O.I., Lubyaynov A.A., Yakhin I.A., Brown P.H., 2017 — *Yakhin O.I., Lubyaynov A.A., Yakhin I.A., Brown P.H.* Biostimulants in plantscience: A global perspective. *Frontiers in Plant Science*, 7. Pp.1–32 (in Eng.).

Basak A., 2008 — *Basak A.* Biostimulators – definitions, classification and legislation //Monographs Series: Biostimulators in Modern Agriculture. General Aspects (in Eng.).

Bulgari R., Cocetta G., Trivellini A., Vernieri P., Ferrante A., 2015 — *Bulgari R., Cocetta G., Trivellini A., Vernieri P., Ferrante A.* Biostimulants and crop responses: A review. *Biological Agriculture and Horticulture*, 31. Pp.1–17 (in Eng.).

Kawachara K., 1999 — *Kawachara K.* Evaluation of laboratory - made sludge for an anaerobic biodegradability test and its use for assessment of 13 chemicals. *Chemosphere*, 39 (12) (in Eng.).

Du Jardin P., 2017 — *Du Jardin P.* Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Frontiers in Plant Science*, 23. Pp. 134–142 (in Eng.).

Sh. Jorobekova, K. Kydraliev, 2019 — *Sh. Jorobekova, K. Kydraliev.* Plant growth biostimulants from by-product of anaerobic digestion of organic substances. *Organic fertilizers*, Book (in Eng.).

Saravanane R., 2001 — *Saravanane R.* Anaerobic fluidized bed degradation and the development of a kinetic model for a particulate organic matter enriched wastewater sludge. *Water, air and soil pollution*, 127(1). Pp.15–30 (in Eng.).

**Sh Huang, X. Zheng, L. Luo**, 2021 — **Sh Huang, X. Zheng, L. Luo.** Biostimulants in bioconversion compost of organic waste: A novel booster in sustainable agriculture. *Journal of cleaner products*, 319. Pp.526–532 (in Eng.).

Aquino S.F., 2007 — *Aquino S.F.* Bioavailability and toxicity of metal nutrients during anaerobic digestion. *J. Environ. Eng.*, 133. Pp. 28–35 (in Eng.).

Миндубаев А.З., Белостоцкий Д.Е., Минзанова С.Т., Миронов В.Ф., Алимова Ф.К., Миронова Л.Г., Коновалов А.И., 2010 — *Миндубаев А.З., Белостоцкий Д.Е., Минзанова С.Т., Миронов В.Ф., Алимова Ф.К., Миронова Л.Г., Коновалов А.И.* Метаногенез: биохимия, технология, применение. Учен. зап. КГУ. Сер. естест. наук. 152. с.178–191 (in Rus).

Broudiscou L.P., 2000 — *Broudiscou L.P.* Effects of dry plant extracts on fermentation and methanogenesis in continuous culture of rumen microbes. *Animal Feed Science and Technology*, 87(3). pp.263–277 (in Eng.).

Desoky E.S., Merwad A.M., Elrys A.S., 2016 — *Desoky E.S., Merwad A.M., Elrys A.S.* Response of pea plants to natural biostimulants under soil salinity stress. *American Journal of Plant Physiology*, 12. pp. 424–428 (in Eng.).

S.J. Fowler, X. Dong, C.W. Sensen, J.M. Sufli, L.M. Gieg, 2012 — *S.J. Fowler, X. Dong, C.W. Sensen, J.M. Sufli, L.M. Gieg.* Methanogenic toluene metabolism: community structure and intermediates. *Environ. microbiol.*, 14(3). Pp.754–764 (in Eng.).

Szymanska H.E., Ahrends A.K., Srivastava, 2013 — *Szymanska H.E., Ahrends A.K., Srivastava.* Anaerobic digestate from biogas plants- nuisance waste or valuable product. *Applied sciences*, 17. Pp. 465–471 (in Eng.).

Chi Y., Li Y., Fei X., Wang S., Yuan H., 2011 — *Chi Y., Li Y., Fei X., Wang S., Yuan H.* Enhancement of thermophilic anaerobic digestion of thickened waste activated sludge by combined microwave and alkaline pre-treatment. *J. Environ. Sci.*, 23(8), Pp.1257–1265 (in Eng.).

Белостоцкий Д.Е., 2012 — *Белостоцкий Д.Е.* Влияние амаранта на эффективность процесса получения биометана из органических отходов. Диссертация на соискание канд.хим.наук. Казань. (in Rus.).

Lin Xu and Dany Geleen, 2018 — *Lin Xu and Dany Geleen.* Developing Biostimulants from agro-food and Industrial by-products. *Front plant sci.*, 6. Pp. 656–662 (in Eng.).

Ana L. García-García, Francisco J. García-Machado, 2015 — *Ana L. García-García, Francisco J. García-Machado.* Pure organic active compounds against abiotic stress: abiostimulant overview. *Front. Plant Sci.*, 19(3). Pp. 204–210 (in Eng.).

## МАЗМҰНЫ

<b>А.С. Әбсейт, Н.С. Елибаева, Г.Ғ. Әбдікәрім, Ж.С. Әбсейт,</b> АСАНТНОРHYLLUM PUNGENS ӨСІМДІГІНДЕГІ ПОЛИСАХАРИДТЕРДІҢ САПАЛЫҚ ЖӘНЕ САНДЫҚ ҚҰРАМЫН АНЫҚТАУ.....	5
<b>А. Бешов, А.К. Бешова, С. Молайган, М.Н. Турлыбекова, Б. Леска</b> АЛЮМИНИЙ АМАЛЬГАМАСЫНЫҢ БЕТІНДЕГІ СУДАН СУТЕКТІ БӨЛУ ПРОЦЕСТЕРІНДЕГІ ДЕПОЛЯРИЗАТОРЛАРДЫҢ РӨЛІ.....	15
<b>И.М. Джелдыбаева, Ж. Қайырбеков, М.З. Есеналиева, С.М. Суймбаева</b> ГЕКСЕН-1 ГИДРЛЕУ РЕАКЦИЯСЫНДА ПАЛЛАДИЙ ЖӘНЕ НИКЕЛЬ КАТАЛИЗАТОРЛАРЫНЫҢ КАТАЛИТИКАЛЫҚ АКТИВТІЛІГІ МЕН ИЗОМЕРЛЕНУ ҚАБІЛЕТТІЛІГІ.....	27
<b>Т.К. Джумадилов, Л.К. Ысқақ, Н.О. Мырзахметова</b> AMBERLITE IR120 ЖӘНЕ АВ-17–8 ИОН АЛМАСУ ШАЙЫРЛАРЫ НЕГІЗІНДЕ ИНТЕРПОЛИМЕР ЖҮЙЕСІМЕН ЦЕРИЙ ИОНДАРЫ СОРБЦИЯСЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	37
<b>А.И. Кареева, А.Ә. Болысбек, И.А. Почиталкина, Е.Б. Райымбеков</b> ШАРТҚА СӘЙКЕССІЗ ФОСФАТ ШИКІЗАТЫ НЕГІЗІНДЕ НРК ТЫҢАЙТҚЫШЫН АЛУ ҮРДСІНІҢ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ТАЛДАУЫ.....	47
<b>Қ.Б. Мұсабеков, О.В. Рожкова, Д.М-К. Артыкова (Ибраимова), М.Т. Ермеков, Ш.А. Мұздыбаева</b> ҚАЗАҚСТАННЫҢ АТОМ ӨНЕРКӘСІБІ РАДИОАКТИВТІ ҚАЛДЫҚТАРДЫ КӨМУ КЕЗІНДЕ БЕНТОНИТ САЗЫН ҚОРҒАНЫС ТОСҚАУЫЛЫ РЕТІНДЕ ҚОЛДАНУ.....	66
<b>М. Нажипқызы, А. Нұрғалин, А. Жапарова, А. Исанбекова, Ж. Роберт Митчелл</b> «Al/DIATOMITE» НЕГІЗДІ КОМПОЗИТТІК МАТЕРИАЛДАР.....	78
<b>Н.Н. Нурғалиев, А.Н. Кливенко, А.Ж. Акимжанов, А.Н. Сабитова, Э.Т. Талғатов</b> ОРГАНИКАЛЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫ АНАЭРОБТЫ АШЫТУ КЕЗІНДЕ БИОМЕТАН АЛУҒА АРНАЛҒАН БИОСТИМУЛЯТОРЛАР.....	88

<b>М.Д. Сабырханов, А.А. Досмаканбетова, Н.Т. Сейтханов, Г.Д. Пазилова, Л.А. Сейткасимова</b> СҰЙЫҚ ТАМШЫЛАРМЕН СОҚТЫҒЫСҚАНДАҒЫ БҰЗЫЛҒАН ПЛЕНКАНЫҢ СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС ТЕРБЕЛІСТЕРІНІҢ СИПАТТАМАСЫ.....	105
<b>А.М. Серікбаева, Ф.Ф. Роман, Х.Л. Диаз де Туэста, Х.Т. Гомес, М.С. Қалмаханова</b> ОРГАНОАЛОКСИДТЕРМЕН ДМСО ЖӘНЕ ТЕОА ЕГІЛГЕН ОРГАНИКАЛЫҚ ТҮРЛЕНДІРІЛГЕН САЗДАРДЫ АЛУ ЖӘНЕ ФИЗИКАЛЫҚ–ХИМИЯЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ.....	115
<b>Б. Торсықбаева, Б. Имангалиева, Н. Ізтілеу</b> ХИМИЯНЫ ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ ЖӘНЕ ҚАЛЫПТАСТЫРУШЫ БАҒАЛАУ.....	129
<b>А.С. Тукибаева, Р. Панкевич, Б.Н. Кабылбекова, Л.Д. Айкозова, Н.А. Калиева</b> ЛАЗАЛОЦИДТІҢ ПЕНТАДЕКАФТОР–1-ОКТАНОЛМЕН ЭФИРИН (LasF) СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ОНЫҢ БІР ВАЛЕНТТІ КАТИОНДАРМЕН КОМПЛЕКСТЕРІН ЖАРТЫЛАЙ ЭМПИРИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ.....	144
<b>А.А. Утебаева, Р.С. Алибеков, Э.А. Габрильянц, Ж.А. Абиш, А.Ж. Айтбаева</b> ҚАНДЫШӨП СЫҒЫНДЫЛАРЫНЫҢ ( <i>Sanguisorba officinalis</i> ) <i>Lactobacillus</i> ӨСУІНЕ ӘСЕРІ.....	156
<b>С. Фазылов, О. Нүркенов, А. Сарсенбекова, А. Искинеева, А. Мендібаева</b> РЕТИНОЛ АЦЕТАТЫНЫҢ β–ЦИКЛОДЕКСТРИНМЕН ҚОСЫЛҒАН КЕШЕНДЕРІНІҢ ТЕРМИЯЛЫҚ ЫДЫРАУЫ.....	168
<b>Д.Б. Ченсизбаев, Д.К. Аденова, Қ.Е. Кошпанова</b> ШУ–САРЫСУ ПРОВИНЦИЯСЫНЫҢ ӨНДІРІСТІК СУЛАРЫНДАҒЫ ЛИТИЙ КОНЦЕНТРАЦИЯСЫН ЭЛЕКТРОФОРЕЗ ӘДІСІМЕН АНЫҚТАУ.....	183

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>А.С. Абсейт, Н.С. Елибаева, Г.Г. Абдикарим, Ж.С. Абсейт</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО И КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ ПОЛИСАХАРИДОВ В РАСТЕНИИ <i>ASANTHOPHYLLUM PUNGENS</i> .....	5
<b>А. Бешов, А.К. Бешова, С. Молайган, М.Н. Турлыбекова, Б. Леска</b> РОЛЬ ДЕПОЛЯРИЗАТОРОВ В ПРОЦЕССАХ ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ ВОДЫ НА ПОВЕРХНОСТИ АМАЛГАМЫ АЛЮМИНИЯ.....	15
<b>И.М. Джелдыбаева, Ж. Каирбеков, М.З. Есеналиева, С.М. Суймбаева</b> КАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И ИЗОМЕРИЗУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ПАЛЛАДИЕВЫХ И НИКЕЛЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ В РЕАКЦИИ ГИДРИРОВАНИЯ ГЕКСЕНА-1.....	27
<b>Т.К. Джумадилов, Л.К. Ыскак, Н.О. Мырзахметова</b> ОСОБЕННОСТИ СОРБЦИИ ИОНОВ ЦЕРИЯ ИНТЕРПОЛИМЕРНОЙ СИСТЕМОЙ НА ОСНОВЕ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ AMBERLITE IR120 И АВ-17-8.....	37
<b>А.И. Кареева, А.А. Болысбек, И.А. Почиталкина, Е.Б. Райымбеков</b> ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ НРК УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕКОНДИЦИОННОГО ФОСФАТНОГО СЫРЬЯ.....	47
<b>К.Б. Мусабеков, О.В. Рожкова, Д.М-К. Артыкова (Ибраимова), М.Т. Ермеков, Ш.А. Муздыбаева</b> ПРИМЕНЕНИЕ БЕНТОНИТОВОЙ ГЛИНЫ В КАЧЕСТВЕ ЗАЩИТНОГО БАРЬЕРА ПРИ ЗАХОРОНЕНИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАЗАХСТАНА.....	66
<b>М. Нажипкызы, А. Нургайн, А. Жапарова, А. Исанбекова, Ж. Роберт Митчелл</b> КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ Al/DIATOMITE.....	78
<b>Н.Н. Нурғалиев, А.Н. Кливенко, А.Ж. Акимжанов, А.Н. Сабитова, Э.Т. Талғатов</b> БИОСТИМУЛЯТОРЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОМЕТАНА ПРИ АНАЭРОБНОМ БРОЖЕНИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ.....	88



<b>М.Д. Сабырханов, А.А. Досмаканбетова, Н.Т. Сейтханов, Г.Д. Пазилова, Л.А. Сейткасимова</b> ОПИСАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ ВОЗМУЩЕННОЙ ПЛЕНКИ ПРИ ЕЕ СОУДАРЕНИИ С КАПЛЯМИ ЖИДКОСТИ.....	105
<b>А.М. Серикбаева, Ф.Ф. Роман, Х.Л. Диаз де Туэста, Х.Т. Гомес, М.С. Калмаханова</b> ПОЛУЧЕНИЕ И ФИЗИКО–ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНИЧЕСКИХ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГЛИН С ПРИВИТЫМИ ДМСО И ТЕОА.....	115
<b>Б. Торсыкбаева, Б. Имангалиева, Н. Изгілеу</b> ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ФОРМАТИВНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ.....	129
<b>А.С. Тукибаева, Р. Панкевич, Б.Н. Кабылбекова, Л.Д. Айкозова, Н.А. Калиева</b> СИНТЕЗ ЭФИРА ЛАЗАЛОЦИДА С ПЕНТАДЕКАФТОР-1-ОКТАНОЛОМ (LasF) И ПОЛУЭМПИРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО КОМПЛЕКСОВ С ОДНОВАЛЕНТНЫМИ КАТИОНАМИ.....	144
<b>А.А. Утебаева, Р.С. Алибеков, Э.А. Габрильянц, Ж.А. Абиш, А.Ж. Айтбаева</b> ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТОВ КРОВОХЛЕБКИ ( <i>Sanguisorba officinalis</i> ) НА РОСТ <i>Lactobacillus</i> .....	156
<b>С. Фазылов, О. Нуркенов, А. Сарсенбекова, А. Искинеева, А. Мендибаева</b> ТЕРМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ КОМПЛЕКСОВ ВКЛЮЧЕНИЯ РЕТИНОЛА АЦЕТАТА С $\beta$ -ЦИКЛОДЕКСТРИНАМИ.....	168
<b>Д.Б. Ченсизбаев, Д.К. Аденова, К.Е. Кошпанова</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛИТИЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ВОДАХ ШУ–САРЫСУЙСКОЙ ПРОВИНЦИИ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФОРЕЗА.....	183

## CONTENTS

<b>A.S. Abseyt, N.S. Yelibayeva, G.G. Abdikarim, J.S. Abseyt</b> DETERMINATION OF THE QUALITATIVE AND QUANTITATIVE CONTENT OF POLYSACCHARIDES IN THE ACANTHOPHYLLUM PUNGENS PLANT.....	5
<b>A. Bayeshov, A.K. Bayeshova, S. Molaigan, M.N. Turlybekova, B. Leska</b> THE ROLE OF DEPOLARIZERS IN THE PROCESSES OF HYDROGEN RELEASE FROM WATER ON THE ALUMINUM AMALGAM SURFACE.....	15
<b>I.M. Jeldybayeva, Zh. Kairbekov, M.Z. Yessenalieva, S.M. Suimbayeva</b> CATALYTIC ACTIVITY AND ISOMERIZATION CAPACITY OF PALLADIUM AND NICKEL CATALYSTS IN 1-HEXENE HYDROGENATION REACTION.....	27
<b>T.K. Jumadilov, L.K. Yskak, N.O. Myrzakhmetova</b> FEATURES OF SORPTION OF CERIUM IONS BY THE INTERPOLYMER SYSTEM BASED ON AMBERLITE IR120 AND AB-17-8 ION-EXCHANGE RESINS.....	37
<b>A.I. Kareeva, A.A. Bolysbek, I.A. Pochitalkina, Y.B. Raiymbekov</b> THERMODYNAMIC ANALYSIS OF THE PROCESS OF PRODUCING NPK FERTILIZERS BASED ON SUBSTANDARD PHOSPHATE RAW MATERIALS.....	47
<b>K.B. Musabekov, O.V. Rozhkova, D.M-K. Artykova (Ibraimova), M.T. Yermekov, Sh.A. Muzdybaeva</b> APPLICATION OF BENTONITE CLAY AS A PROTECTIVE BARRIER IN THE DISPOSAL OF RADIOACTIVE WASTE OF NUCLEAR INDUSTRY OF KAZAKHSTAN.....	66
<b>M. Nazhipkyzy, A. Nurgain, A. Zhaparova, A. Issanbekova, G. Robert Mitchell</b> Al/DIATOMITE BASED COMPOSITE MATERIALS.....	78
<b>N.N. Nurgaliyev, A.Zh. Akimzhanov, A.N. Klivenko, A.S. Sabitova, E.T. Talgatov</b> BIOSTIMULATORS FOR OBTAINING BIOMETHANE DURING ANAEROBIC FERMENTATION OF ORGANIC WASTE.....	88
<b>M.D. Sabyrkhanov, A.A. Dosmakanbetova, N.T. Seitkhanov, G.D. Pazilova, L.A. Seitkasimova</b> DESCRIPTION OF NONLINEAR OSCILLATIONS OF A PERTURBED FILM IN ITS COLLISION WITH LIQUID DROPS.....	105

---

<b>A.M. Serikbayeva, F.F. Roman, J.L. Diaz de Tuesta, H.T. Gomes, M.S. Kalmakhanova. B. Torsykbayeva, B. Imangaliyeva, N. Iztileu</b> CHEMICAL RESEARCH METHODS AND FORMATIVE ASSESSMENT.....	115
<b>B. Torsykbayeva, B. Imangaliyeva, N. Iztileu</b> CHEMICAL RESEARCH METHODS AND FORMATIVE ASSESSMENT.....	129
<b>A.S. Tukibayeva, R. Pankiewicz, B.N. Kabyzbekova, L.D. Aikozova, N.A. Kalieva</b> SYNTHESIS LASALOCID ESTER WITH PENTADEC AFLUORO-1-OCTANOL (LasF) AND SEMIEMPIRICAL INVESTIGATION OF ITS COMPLEXES WITH MONOVALENT CATIONS.....	144
<b>A.A. Utebaeva, R.S. Alibekov, E.A. Gabrilyants, Zh.A. Abish, A.Zh. Aitbayeva</b> IMPACT OF BURNET ( <i>Sanguisorba officinalis</i> ) EXTRACTS FOR a <i>Lactobacillus</i> GROWTH.....	156
<b>S. Fazylov, O. Nurkenov, A. Sarsenbekova, A. Iskineyeva, A. Mendibaeva</b> THERMAL DECOMPOSITION OF INCLUSION COMPLEXES RETINOL ACETATE WITH $\beta$ -CYCLODEXTRINS.....	168
<b>D.B. Chensizbayev, D.K. Adenova, K.E. Koshpanova</b> DETERMINATION OF LITHIUM CONCENTRATION IN INDUSTRIAL WATERS OF SHU-SARYSU PROVINCE BY ELECTROPHORESIS METHOD.....	183

## **Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

**[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)**

**<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>**

**ISSN 2518-1491 (Online), ISSN 2224-5286 (Print)**

Заместитель директор отдела издания научных журналов НАН РК *Р. Жәліқызы*

Редакторы: *М.С. Ахметова, Д.С. Аленов*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 31.03.2023.

Формат 60x88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

9,0 п.л. Тираж 300. Заказ 1.