

Фотобіоелектрохімічна конверсія відходів і біосировини з одержанням електричної енергії та енергоносіїв
Фотобиоэлектрoхимическая конверсия отходов и биосырья с получением электрической энергии и энергоносителей
Photobioelectrochemical conversion of wastes and raw material to produce electricity and energy carriers

1. **Номер державної реєстрації теми - 0113U001650, НТУУ «КПІ» - 2661-п.**
2. **Науковий керівник - д.х.н., проф. Кузьмінський Є.В., Кузьминский Е.В., Kuzminskiy Ye. V.**
3. **Суть розробки, основні результати.**

(укр.)

В роботі поєднано три шляхи перетворення відходів на електричну енергію чи енергоносії. Перший стосується конверсії енергії органічних сполук стічних вод на водень та електрику в біопаливних елементах, в основі другого лежить поєднання перетворення сонячної енергії та органічних сполук при використанні неорганічного фотокатода в біопаливному елементі для продукування водню, в третьому – перетворення сонячної енергії та неорганічних газоподібних відходів на ліпіди фототрофних мікрободоростей. Таке поєднання процесів дозволяє комплексно перетворювати різноманітні відходи на енергоносії та електричну енергію.

Обґрунтовано раціональні параметри біотехнологічного процесу отримання водню в біоелектрохімічній системі, що дозволяє поєднувати цей процес із очищенням стічних вод від біогенних елементів (фосфору, азоту). Розроблено технологічну схему отримання водню з одночасним очищенням стічних вод солодового заводу та проведено її апробацію. Запропонована технологія дає змогу отримати газову суміш із вмістом водню до 99 % при низьких енергетичних витратах і гарантувати необхідну якість очищених стічних вод.

Запропоновано методи попередньої обробки сільськогосподарських відходів в залежності від складу сировини з метою одержання водню (хімічні та біологічні) та визначено технологічні умови процесів. З метою одержання водню та електричного струму запропоновано технологічну схему, в якій послідовно використовуються ферментаційні анаеробні процеси деструкції твердих відходів у першому реакторі (рН = 4-6), за використання розчинних органічних речовин продукування водню у другому (рН = 6-8) та одержання електрики при доочищенні стічної води у біоелектрохімічному паливному елементі. Визначено умови перебігу процесів з максимальним виходом водню. Концентрація водню у біогазі досягає 50% при переробці 60% сировини.

Встановлено можливість продукування водню у мікробних паливних елементах з напівпровідниковим фотокатодом. При цьому значення кулонівської ефективності становило 3,12 %, показник катодного відновлення водню 1,19%, продуктивність системи за воднем 4,89%.

Показана можливість культивування мікрободоростей *Chlorella vulgaris* за використання відходів різноманітного походження. Розроблено технологічну схему культивування мікрободорості *Chlorella vulgaris* за одночасного використання газових викидів підприємств та відходів різноманітного походження як живильних речовин для одержання біодизельного пального та встановлено параметри процесу. Максимальний вихід ліпідної фракції (24%) відбувається за використання чергування світлового періоду з темновим 4х4, температури 30°C, рН 6-7, одночасного живлення CO₂ (або газових викидів, що містять до 6% CO₂, 0,5% SO₂, 1,5% NO_x) та органічної речовини (цукрів, сечовини тощо). Досліджено вплив складу культурального середовища (концентрації сполук нітрогену, сульфору) на приріст біомаси водоростей та накопичення ліпідної фракції.

(рос.)

В работе объединены три пути превращения отходов в электрическую энергию или энергоносители. Первый касается конверсии энергии органических соединений

сточных вод на водород и электричество в биотопливных элементах, в основе второго лежит сочетание преобразования солнечной энергии и органических соединений при использовании неорганического фотокатода в биотопливном элементе для продуцирования водорода, в третьем – преобразование солнечной энергии и неорганических газообразных отходов на липиды фототрофных микроводорослей. Такое сочетание процессов позволяет комплексно превращать разнообразные отходы на энергоносители и электроэнергию.

Обоснованно рациональные параметры биотехнологического процесса получения водорода в биоэлектрохимической системе, позволяет сочетать этот процесс с очисткой сточных вод от биогенных элементов (фосфора, азота). Разработана технологическая схема получения водорода с одновременной очисткой сточных вод солодового завода и проведено ее апробацию. Предложенная технология позволяет получить газовую смесь с содержанием водорода до 99% при низких энергетических затратах и гарантировать необходимое качество очищенных сточных вод.

Предложены методы предварительной обработки сельскохозяйственных отходов в зависимости от состава сырья с целью получения водорода (химические и биологические) и определены технологические условия процессов. С целью получения водорода и электрического тока предложена технологическая схема, в которой последовательно используются ферментационные анаэробные процессы деструкции твердых отходов в первом реакторе (рН = 4-6), за использование растворимых органических веществ выработки водорода во втором (рН = 6-8) и получение электричества при доочистке сточных вод в биоэлектрохимическом топливном элементе. Определены условия протекания процессов с максимальным выходом водорода. Концентрация водорода в биогазе достигает 50% при переработке 60% сырья.

Установлена возможность выработки водорода в микробных топливных элементах с полупроводниковым фотокатодом. При этом значение кулоновского эффективности составило 3,12%, показатель катодного восстановления водорода – 1,19%, производительность системы по водороду – 4,89%.

Показана возможность культивирования микроводорослей *Chlorella vulgaris* за использование отходов различного происхождения. Разработана технологическая схема культивирования микроводоросли *Chlorella vulgaris* при одновременном использовании газовых выбросов предприятий и отходов различного происхождения как питательных веществ для получения биодизельного горючего и установлены параметры процесса. Максимальный выход липидной фракции (24%) происходит за использование чередование светового периода с темновым 4х4, температуры 30°C, рН 6-7, одновременного питания CO₂ (или газовых выбросов, содержащих до 6% CO₂, 0,5% SO₂, 1,5% NO_x) и органического вещества (сахаров, мочевины и т.д.). Исследовано влияние состава культуральной среды (концентрации соединений азота, серы) на прирост биомассы водорослей и накопление липидной фракции.

(англ.)

Three ways of converting waste into energy or electricity are combined in this research. The first way concerns the energy conversion of wastewater organic compounds into hydrogen and electricity in biofuel cells. The second one is based on conversion of solar energy and organic compounds energy with using of inorganic photocathode in biofuel cell to produce hydrogen. The third way concerns the conversion of solar energy and inorganic waste gases on lipids of phototrophic microalgae. This combination of processes allows to convert different wastes into energy carriers and electricity.

The rational parameters of biotechnological process of hydrogen in bioelectrochemical system that allows to combine this process with wastewater treatment from nutrients (phosphorus and nitrogen) is proved. A technological scheme of malt plant wastewater treatment hydrogen production in bioelectrochemical systems was developed and its

approbation was held on malt plant. The technology provides a gas mixture with 99 % of hydrogen with low energy costs and ensures the required quality of treated wastewater.

Methods of agricultural waste pre-treatment, depending on the composition of raw materials to produce hydrogen (chemical and biological), are proposed and technological conditions of processes are defined. With the purpose of hydrogen and electric current production technological scheme is proposed, in which such stages are consistently used: fermentation anaerobic degradation processes of solid wastes in the first reactor (pH 4-6), the use of soluble organic matter for hydrogen production in the second one (pH = 6-8) and electricity receiving in the refining of waste water in bioelectrochemical fuel cell. The terms of processes with maximum hydrogen yield are determined. The concentration of hydrogen in biogas is 50% while raw materials processing is 60%.

The possibility to produce hydrogen in microbial fuel cells with semiconductor photocathode was found. The value of the Coulomb efficiency was 3.12%, the rate of cathodic hydrogen recombination 1.19% hydrogen system performance 4.89%.

The possibility of microalgae *Chlorella vulgaris* cultivating using wastes of different origin is shown. The technological scheme of *Chlorella vulgaris* cultivating by simultaneous gas emissions and industrial wastes using to obtain biodiesel is developed. The process parameters are found. Maximum output of a lipid fraction (24%) occurs using of alternating light period from 4x4 dark, temperature 30°C, pH 6.7, simultaneous supply of CO₂ (gas emissions containing 6% of CO₂, 0,5% of SO₂, 1,5% NO_x) and organic substance (sugars, urea, etc.). Influence of culture medium composition (concentrations of nitrogen, sulfur) on the growth of algae biomass and lipid fractions accumulation are studied.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

Патент України на корисну модель №81251, МПК C02F 3/00. Спосіб біологічного очищення стічних вод / Гвоздяк П.І., Кузьмінський Є.В., Саблій Л. А., Жукова В. С.: заявник та патентоутримувач Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». – № u201215082; опубл. 25.05.13, Бюл. №12.

Позитивне рішення на видачу патенту на корисну модель України на заявку № u 201407871 від 17.11.2014 Голуб Н.Б., Козловець О.А. Лабораторна біогазова установка.

Позитивне рішення на видачу патенту Голуб Н.Б. , Левтун І.І., Хворостина О.В. на заявку на корисну модель № u 201407870 Установка для культивування мікроводоростей.

Подано заявку на патент на винахід: Голуб Н.Б. Воевода Д.В. № а 201405765 Спосіб культивування мікроводоростей *Chlorella vulgaris*.

Подано заявку на патент на винахід: Голуб Н.Б., Жураховська Д.І. № а 201405766 Спосіб одержання водню з відходів целюлозовмісної сировини.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Напрацьована біотехнологія одночасного отримання електричної енергії та енергоносіїв з відходів немає аналогів у світі. На даний момент представлено ряд розробок вчених Університету Пенсільванії та компанії Cambrian Innovation з отримання окремо електричної енергії в мікробному паливному елементі та водню в модифікованому мікробному паливному елементі, але поєднання цих систем між собою та з фотоелектрохімічними пристроями є оригінальним. Технологічна схема одержання енергії та енергоносіїв з мікроводоростей є новою для України. В порівнянні з існуючими біологічними технологіями очищення води (Enviro-Chemie GmbH (Німеччина), AnoxKaldnes (США), НТІ System, L.C.C. (США), Envisol International (Нідерланди), НПФ Етек (Росія)), запропонована анаеробно-аеробна система очищення є більш ніж на 40% ефективнішою за всіма показниками, включаючи видалення біогенних елементів та важких металів.

6. Економічна привабливість для просування на ринок (вартість реалізації проекту, терміни впровадження та окупності, показники).

Розроблені біотехнологічні схеми отримання електричної енергії та енергоносіїв при утилізації газових викидів, стічних вод та біосировини дають змогу:

- отримувати біоводень в біоелектрохімічній та фотобіоелектрохімічній системах з ККД до 45% з вмістом водню у суміші до 99%;
- генерувати електричну енергію в інтегральній біоелектрохімічній системі (ККД $\geq 5\%$);
- підвищити ефективність анаеробно-аеробного очищення від сполук фосфору до 85%, від органічних забруднень за показником ХСК на 96%;
- зменшити експлуатаційні витрати при очищенні стічної води та переробці й утилізації осадів до 40%;
- зменшити вартість методики культивування мікроводоростей, як біосировини для синтезу енергоносіїв, за використання відходів у 3-5 разів.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, відомства, підприємства, організації).

Результати дослідження комплексної конверсії відходів та біосировини можуть застосовуватись у системах очищення стічних вод та переробки газових викидів підприємств харчової та легкої промисловості, в сільському господарстві, де слугуватимуть для скорочення витрат на енергію та енергоносії, що необхідні для перебігу технологічних процесів, а також при підготовці кадрів вищої кваліфікації та у навчальному процесі при підготовці фахівців з напряму підготовки 051401 «Біотехнологія».

8. Стан готовності розробки (лабораторний або промисловий зразок, технічна документація, бізнес-план, готова до впровадження).

Розроблено та випробувано в умовах очисних спорудах ПАТ «Славутський солодовий завод» виробничо-експериментальні установки для анаеробно-аеробного очищення стічних вод від сполук фосфору, що підтверджено актом впровадження. Отримані в роботі результати використані у проекті будівництва та реконструкції каналізаційних очисних споруд м. Дубно. Розроблені технологічні рекомендації щодо ефективного застосування експериментального обладнання. Передбачається впровадження на підприємствах ТОВ «Березіно», ТОВ «Прогрес».

9. Існуючі результати впровадження.

Розроблену технологію біологічного очищення стічних вод від сполук фосфору впроваджено на очисних спорудах ПАТ «Славутський солодовий завод» (акт впровадження від 30 серпня 2013 р.). Проведено серію пілотних випробувань дослідно-промислової установки для ефективного видалення фосфатів із стічних вод солодового заводу.

Отримані дані були використані у проекті будівництва та реконструкції каналізаційних очисних споруд м. Дубно (акти про використання від 15 січня 2014 р. та 20 січня 2014 р.).

На підприємстві ТОВ «Прогрес» Черкаської області проведено дослідно-промислове випробування технології одержання біогазу за використання відновлюваної сільськогосподарської сировини (Акт впровадження від 12.06.2013р.).

Дослідну установку для культивування біомаси мікроводоростей випробувано на підприємстві ТОВ «Екостиль» Київської області (Акт випробувань від 05.09.2013р.).

Результати проведених досліджень впроваджено в навчальний процес підготовки фахівців напряму 051401 «Біотехнологія» за програмою професійного

спрямування 05140105 «Екологічна біотехнологія та біоенергетика» в дисциплінах: «Біотехнології очистки води», «Гідробіологія», «Екологія».

10. Назва підрозділу, телефон, e-mail.

НТУУ «КПІ», факультет біотехнології і біотехніки, кафедра екобіотехнології та біоенергетики, тел./факс: +38 044 454 97 79, e-mail: kuzminskiy@fbt.ntu-kpi.kiev.ua

11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання (вагомі): (монографії, підручники, посібники, наукові статті, дисертації, інші публікації).

Монографії:

1. Y. Kuzminskiy Bioelectrochemical hydrogen and electricity production Theoretical bases, description and modeling of the process / Y. Kuzminskiy, K. Shchurska, I. Samarukha, G. Łagod. – Lublin: Politechnika Lubelska, 2013. – 102 p.
2. Саблій Л.А. Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод. – Монографія, Рівне, НУВГП, 2013. – 292 с.

Посібники:

1. Голуб Н.Б., Боровик О.Я. Переробка біомаси. - Навчальний посібник (гриф МОН України). - Київ: Комп'ютерпрес, 2014. -169с.
2. Кузьмінський Є.В., Щурська К.О. Біоелектрохімічні основи біоенергетики // Навчальний посібник для студентів напряму підготовки 051401«Біотехнологія», гриф «Рекомендовано Методичною радою НТУУ «КПІ» від 17.01.2013, пр. № 5, свід-во НМУ № Е 12/13 – 072. - с.480.
3. Кузьмінський Є.В., Щурська К.О. Практикум з біофізики // Навчальний посібник для студентів напряму підготовки 051401«Біотехнологія», гриф «Рекомендовано Методичною радою НТУУ «КПІ» від 17.01.2013, пр. № 5, свід-во НМУ № Е 12/13 – 071. - 423 с.

Нормативний акт:

1. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. ДБН В.2.5 – 75: 2013. Видання офіц. / Оглобля О. (наук. керівник), Пархомович Г., Буланій О., Чванова В., Саблій Л. та ін. //– К.: Мінрегіон України. – 2013. – 128 с.

Дисертації:

1. Жукова В. С. Очищення стічних вод від сполук азоту з використанням іммобілізованих мікроорганізмів : дис. ... канд. техн. наук. : 05.17.21 – технологія водоочищення / В. С. Жукова. - 202 с.
2. Козар М. Ю. Розробка технології біологічного очищення стічних вод від сполук фосфору в системі анаеробно-аеробних біореакторів : дис. ... канд. техн. наук. : 05.17.21 – технологія водоочищення / М. Ю. Козар. - К., 2014. - 181 с.
3. Щурська К. О. Обґрунтування параметрів біотехнологічного процесу отримання водню : дис. ... канд. техн. наук. : 03.00.20 – біотехнологія / К. О. Щурська. – К., 2014. – 153 с.

Прийнято до захисту:

1. Докторську дисертацію к.х.н., доц. Голуб Н.Б. на тему: «Науково-технологічні основи конверсії низькопотенційної відновлюваної біоенергетичної сировини в біоводень, біометан та біодизель» на здобуття наукового ступеня д.т.н. за спеціальністю 03.00.20 – біотехнологія.
2. Кандидатську дисертацію Бляшиної М. В. на тему: «Біологічне очищення міських стічних вод в анаеробно-аеробних умовах з використанням волокнистого носія» на здобуття наукового ступеня к.т.н. за спеціальністю 05.17.21 – технологія водоочищення.
3. Кандидатську дисертацію Самарухи І.А. на тему: «Біоелектрохімічне отримання електричної енергії за використання асоціації мікроорганізмів» на здобуття наукового ступеня к.т.н. за спеціальністю 03.00.20 – біотехнологія (підготовлено).

Статті:

що входять до наукометричних баз даних

1. Голуб Н. Б. Вплив якісного складу сировини на продукування водню мікроорганізмами / Н. Б. Голуб, Д. І. Жураховська, В. Л. Чумак // Вісник НАУ. – 2013. – № 2. – С. 224 – 230.
2. Козар М. Ю. Очищення стічних вод солодового заводу з одержанням біоводню / М. Ю. Козар, К. О. Щурська, Л. А. Саблій, Є. В. Кузьмінський // Східно-європейський журнал передових технологій. – 2013. – Т. 6, № 66. – С. 33–36.
3. Голуб Н. Б. Культивування мікроводоростей за використання відходів / Н. Б. Голуб // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – № 6. – С. 4–9.
4. Голуб Н. Б. Анаэробная очистка сточных вод пивзаводов с одновременным получением водорода / Н. Б. Голуб, К. О. Щурская, М. В. Троценко // Химия и технология воды. – 2014. – Т. 36, № 2. – С. 163–176.
5. Голуб Н. Б. / Культивування мікроводоростей за використання відходів / Н. Б. Голуб // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – т. 66. – № 6/10. – С. 4 – 9.
6. Голуб Н. Б. Влияние концентрации субстрата на образование водорода в процессе ферментации // Альтернативная энергетика и экология. – 2014. – № 15. – С. 107 – 112.

що входять до переліку фахових видань:

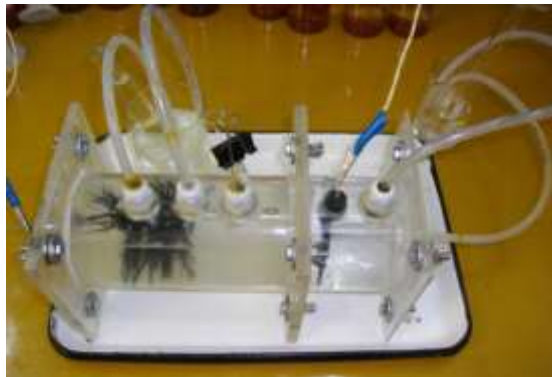
1. Саблій Л.А., Бляшина М.В. Использование анаэробно-аэробного биореактора для очистки сточных вод / Водоочистка. – М., 2013. - № 4. – С. 19-24.
2. Саблій Л.А., Бойчук С.Д. Використання біореакторів з іммобілізованими мікроорганізмами для очищення стічних вод//Вісник НУВГП: зб. наук. праць. – Рівне, 2013. – Вип. 3 (63): Технічні науки. – С. 86-92.
3. Саблій Л.А., Бойчук С.Д. Очищення стічних вод від органічних речовин в біореакторах з іммобілізованими мікроорганізмами//Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки : Наук.-техн зб. Вип. 21/Гол. ред. А.М. Тугай. – К. КНУБА, 2013. – С. 110-114.
4. Саблій Л.А.Очищення стічних вод шкіряних заводів//Електронний ресурс] Технології та дизайн. – 2013. - № 4 (9). – Режим доступу до журн. : http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/ibis_nbuv/c
5. Голуб Н. Б. Повышение выхода эноргоносителей при очистке сточных вод // Вода и экология: проблемы и решения. – 2013. – № 4. – С. 41 – 50.
6. Голуб Н. Б. Утилизация помета *Chlorella vulgaris* для получения биодизельного топлива / Н. Б. Голуб, І. І. Левтун, О. В. Хворостина // Вода и экология: проблемы и решения. – 2014. – № 1. – С. 151 – 157.
7. Голуб Н. Б. Математичне моделювання росту біомаси мікроводоростей / Н. Б. Голуб, П. Л. Денисюк // Новини енергетики. – 2014. – № 1. – С. 30 – 36.
8. Кузьмінський Є. В. Паливні елементи. І. Сучасний стан розроблення / Є. В. Кузьмінський, К. О. Щурська, І. А. Самаруха // Відновлювальна енергетика. – 2013. – № 1(32). – С. 90–96.
9. Кузьмінський Є. В. Паливні елементи. ІІ. Передбачувані області застосування, біотехнологічні перспективи / Є. В. Кузьмінський, К. О. Щурська // Відновлювальна енергетика. – 2013. – № 3 (34). – С. 88–94.
10. Golub N. B. Effect of sulphur compounds on cultivation process of microalgae *Chlorella vulgaris* / N. B. Golub, D. V. Voyevoda // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2013. – № 761. – С.151–158.
11. Голуб Н. Б. Технологічна схема процесу одержання біоводню за використання сільськогосподарських відходів / Н. Б. Голуб // Відновлювальна енергетика. – 2013. – № 2. – С.80–84.

12. Голуб Н. Б. Одержання водню за використання відходів пивоварних заводів / Н. Б. Голуб, К. О. Щурська, М. В. Троценко // Новини енергетики. – 2013. – № 2. – С. 24–33.
13. Голуб Н. Б. Технологічна схема культивування мікроводоростей за використання газових викидів для одержання енергоносіїв / Н. Б. Голуб // Інтегровані технології енергозбереження. – 2013. – № 1. – С. 10–13.
14. Голуб Н. Б. Вплив сполук сульфуру на процеси культивації мікроводорості *Chlorella vulgaris* / Н. Б. Голуб, Д. В. Воєвода // Вісник національного університету «Львівська політехніка». – 2014. – № 3. – С. 151–158.
15. Голуб Н. Б. Математичне моделювання продукування метану в процесі ферментації / Н. Б. Голуб, О. А. Козловець // Вісті НТУУ «КПІ». – 2014. – № 3. – С. 21–25.
16. Голуб Н. Б. Технологічна схема одержання біодизельного палива з мікроводоростей, культивованих на екстракті з посліду / Н. Б. Голуб // Новини енергетики. – 2013. – № 12. – С. 34–41.
17. Козар М.Ю. Комбинированная биологическая очистка и доочистка сточных вод от соединений фосфора / М.Ю. Козар, Л.А. Саблій // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. – 2013. – № 22. – С. 66–72.
18. Козар М.Ю. Ефективна технологія очищення стічних вод солодового заводу / М.Ю. Козар, Л.А. Саблій // Вісник Інженерної академії України. – 2013. – № 3-4 – С. 209–212.
19. Козар М.Ю. Вплив тривалості перебування промислових стічних вод в біореакторах на ефективність очищення від фосфатів / М.Ю. Козар, Л.А. Саблій // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2013. – № 2. – С. 104–107.
20. Удаления соединений азота и фосфора: проблемы и их решения / В.С. Жукова, Л. А. Саблій, М. Ю. Козарь // Збірник статей 5-ої Західно-Європейської конференції «Досвід і молодість у вирішенні водних проблем» IWA. – Частина 2 (російськомовна версія), Київ, 26-28 червня 2013.– С. 351-358.
21. Саблій Л.А. Очищення стічних вод молокозаводів від сполук азоту / Л.А. Саблій, С.Д. Бойчук // Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб. Сер.: Техн. науки та архітектура. - Х.: ХНАМГ, 2013. – Вип. 107. – С. 236-243.
22. Саблій Л.А. Гідродинамічна модель біореакторів з іммобілізованими мікроорганізмами при очищенні стічних вод / Л.А. Саблій // Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті. – 2012. - № 4 (10). - 2013 - № 1 (11). – С. 36-42.
23. Саблій Л.А. Попереднє очищення стічних вод шкіряних заводів фізико-хімічними методами / Л.А. Саблій, О.М. Бунчак, В.П. Плавач // Вісник Київ. нац. ун-ту технологій та ди-зайну. - К.: КНУТД, 2013. - № 1 (69). - С. 117-122.
24. Саблій Л.А. Ефективна технологія біологічного очищення висококонцентрованих стічних вод / Л.А. Саблій // Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті. – 2013. - № 2 (12). - С. 19-25.
25. Саблій Л.А. Використання гідробіонтів для очищення стічних вод від органічних забруднюючих речовин / Л.А. Саблій // Вісник НУВГП: зб. наук. праць. – Рівне, 2013. – Вип. 1 (61): Технічні науки. – С. 70-78.
26. Саблій Л.А. Ефективна технологія очищення стічних вод шкіряних заводів / Л. А. Саблій, С.Д. Бойчук // Вісник Інженерної академії України. – 2013. - № 1. - С. 193-197.
27. Саблій Л.А. Математичне моделювання біореактора з волокнистим носієм / Л. А. Саблій, М.В. Бляшина, А.П. Власюк // Вісник НУВГП: зб. наук. праць. – Рівне, 2013. – Вип. 4 (64): Технічні науки. – С. 125-133.
28. Саблій Л.А. Использование анаэробно-аэробного биореактора для очистки сточных вод / Л. А. Саблій, М.В. Бляшина // Водоочистка. – М., 2013. - № 4. – С. 19-24.

12. Фото або слайди (декілька з фото) презентації розробки в електронному вигляді (рекламного характеру).



Лабораторна установка для одержання водню та метану



Лабораторна установка для біоелектрохімічного продукування водню