

**МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ
УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ
ОСВІТИ ТА УПРАВЛІННЯ**

ВЕРЕНІКІН ОЛЕКСІЙ МИХАЙЛОВИЧ

УДК 661.18:658.562:502/504(043.3)

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ЕКОЛОГІЧНО
ЧИСТИХ МИЙНИХ ЗАСОБІВ**

Спеціальність 21.06.01 «Екологічна безпека»

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2021

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано у Державному вищому навчальному закладі «Національний університет біоресурсів і природокористування України» Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Слива Юлія Володимирівна,
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
доцент кафедри технології м'ясних, рибних і морепродуктів.


Офіційні опоненти: доктор біологічних наук, професор
Шматков Григорій Григорович,
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління,
професор кафедри екологічного аудиту та експертизи;

кандидат технічних наук
Демиденко Ольга Олексіївна,
Інститут підготовки фахівців Національного органу стандартизації Державного підприємства «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості», ректор.

Захист відбудеться 25 березня 2021 р. о 10.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.880.01 у Державній екологічній академії післядипломної освіти та управління за адресою: 03035, м. Київ, вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління за адресою: 03035, м. Київ, вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп.2 та на сайті www.dea.edu.ua.

Автореферат розіслано 24 лютого 2021 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради Д 26.880.01  Т. Г. Іващенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Забруднення навколишнього середовища внаслідок широкого використання мийних засобів, що містять фосфати та ряд небезпечних для організмів речовин, досягає критичної межі для природної структури гідробіоценозів, їх деградації та зумовлює значне зниження рибопродуктивності. Особливо це стосується водних екосистем, в які надходять недоочищені стічні води й стоки. Евтрофікація водойм в Україні внаслідок забруднення фосфатами стала постійним і поширеним явищем. Багато хімічних речовин, що входять до складу класичних мийних засобів, легко проходять через системи водоочиснення і, потрапляючи у відкриті водойми, повертаються у систему міського водопостачання.

Вітчизняна й світова наука до останнього часу не достатньо уваги приділяла розробленню мийних засобів, які б не містили фосфатів та інших небезпечних для водойм речовин. Тому наразі національний ринок пропонує широкий асортимент різноманітних мийних засобів, однак переважна більшість з них містить фосфати, поверхнево-активні речовини та допоміжні компоненти, що містять канцерогенні речовини, токсини та алергени.

У той же час, державне регулювання виробництва мийних засобів не досконале, чинні вимоги не відповідають європейському законодавству й ефективно не відображають необхідний рівень нормативно-технічного забезпечення, якості та безпечності мийних засобів взагалі та екологічних мийних засобів зокрема.

Прагнення України до повноцінного членства в ЄС зобов'язує розпочати реформування системи технічного регулювання, інтенсифікувати сприяння розробленню інноваційних рецептур екологічно чистих мийних засобів та їх виробництва. Тому розроблення інноваційних рецептур екологічно чистих мийних засобів, експериментальне обґрунтування безпечності запропонованих рішень для водних екосистем та адаптація таких мийних засобів до умов вітчизняного виробництва (з врахуванням вимог найкращих практик та європейського законодавства) є актуальним завданням дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Тематика дисертаційної роботи відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки й техніки в Україні на період до 2020 року, зокрема тематичному напрямку «Раціональне природокористування», тематиці науково-технічних розробок «Технології раціонального водокористування, підвищення ефективності очищення стічних вод та запобігання забрудненню водних об'єктів» та науково-дослідній роботі в рамках угоди між Національним університетом біоресурсів і природокористування й ТОВ «Де Ла Марк» України (договір № 35/101 від 01.10.2018), у якій дисертант брав участь як відповідальний виконавець.

Мета та завдання дослідження. Метою дисертаційного дослідження є розроблення інноваційних рецептур екологічно чистих мийних засобів, удосконалення технологій їх виробництва та експериментальна перевірка їх безпечності для водних середовищ з метою обґрунтування можливості

впровадження вказаних засобів у виробництво.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі **завдання**:

- дослідити сучасні тенденції виробництва мийних засобів та їх вплив на довкілля;

- проаналізувати й обґрунтувати теоретичні й експериментальні методи досліджень з метою виявлення найрелевантніших інструментів перевірки функціональної та екологічної прийнятності мийних засобів;

- на основі теоретичних досліджень розробити діючу модель оцінювання відповідності мийних засобів сучасним екологічним вимогам міжнародних та національних стандартів;

- розробити нормативно-технічне забезпечення для потреб регулювання виробництва й контролю якості та безпечності екологічно чистих мийних засобів;

- розробити оригінальну рецептуру прального порошку на основі рамкових рецептур та провести оцінювання інноваційної рецептури щодо її відповідності розробленому нормативно-технічному забезпеченню;

- дослідити безпечність запропонованих мийних засобів для водних екосистем в експериментальних умовах;

- розробити систему контролю й технічну документацію (Технічні умови України) для промислового виробництва розробленого екологічно чистого мийного засобу;

- впровадити технологію виробництва та рецептуру екологічно чистих мийних засобів у виробництво;

- визначити соціальну й економічну доцільність впровадження виробленого продукту, розрахувати економічну ефективність впровадження розробленої технології та мийних засобів в умовах діючого виробництва.

Об'єкт дослідження – технологія виробництва екологічно чистих мийних засобів, їх функціональні й екологічні показники та стратегії їх просування на ринок екотоварів.

Предметом дослідження є процес і результати розроблення інноваційних рецептур екологічно чистих мийних засобів та умов їх виробництва, методи контролю на відповідність національним нормативним документам показників якості та безпечності екологічно чистих мийних засобів, еколого-токсикологічні дослідження мийних засобів й особливості соціально-економічної ефективності впровадження екологічно чистих мийних засобів на ринок України.

Методи дослідження. У дисертаційній роботі використано філософські, загальнонаукові та спеціально-наукові методи, що дозволяють усебічно й повно проаналізувати предмет дослідження.

У дослідженнях використано загальнонаукові теоретичні та експериментальні методи проведення комплексних досліджень:

- методи кваліметрії;
- методи системного, статистичного й кореляційного аналізу;
- електричні та оптичні методи вимірювань;
- токсикологічні гідробіологічні методи;
- стандартизовані методи встановлення відповідності властивостей

мийних засобів вимогам національного законодавства та нормативних документів.

Серед спеціальних методів використовувалися соціологічні методи, метод ранжування, прогнозування можливих функціональних, соціальних та економічних ефектів у результаті перетворення основного об'єкту вивчення.

Результати опрацьовувались із застосуванням прикладного програмного пакету Microsoft Office Excel.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в комплексному удосконаленні технологій виробництва, функціонального та екологічного контролю екологічно чистих мийних засобів. При цьому:

вперше:

- розроблено рецептури екологічно чистих мийних засобів на прикладі пральних порошків, оптимізовано систему комплексоутворювачів, що дозволило підвищити мийну здатність, зменшити осідання мінеральних речовин та покращити зв'язування неорганічних сполук;
- за рахунок застосування екологічних комплексоутворювачів й поверхнево-активних речовин було досягнуто синергічного ефекту підвищення мийної здатності до 98% (норма становить 85%);
- на підставі проведених еколого-токсикологічних досліджень розробленої рецептури екологічно чистих мийних засобів шляхом біотестування встановлено їх мінімальний вплив на життєдіяльність гідробіонтів у порівнянні з іншими безфосфатними та фосфатними мийними засобами в експериментальних умовах.

удосконалено:

- технологію виробництва екологічно чистих мийних засобів шляхом заміни стандартного обладнання на енергоефективне;
- нормативну документацію оцінювання мийних засобів відповідно до вимог європейського законодавства, а саме розроблено СОУ ОЕМ 08.002.12.065:2016 «Мийні засоби та засоби для чищення. Екологічні критерії оцінювання життєвого циклу»;
- систему контролю й технічну документацію ТУ У 24.1-36385435-001:2011 (Зміна 3:2021) для промислового виробництва екологічно чистих мийних засобів.

набуло подальшого розвитку:

- застосування методу екологічного маркування для дослідження й контролю якості екологічно чистих мийних засобів;
- вивчення соціального ефекту від впровадження екологічно чистих товарів на ринок України.

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблені рецептури екологічно чистих мийних засобів з урахуванням екологічних параметрів, впроваджено у виробництво й на ринок України, що дозволяє забезпечити споживача якісним продуктом та не сприяти негативному впливу на життєдіяльність біоти при надходженні у водні екосистеми.

Розроблені нормативні документи СОУ ОЕМ 08.002.12.065:2016 «Мийні засоби та засоби для чищення. Екологічні критерії оцінювання життєвого

циклу» та ТУ У 24.1-36385435-001:2011 (Зміна 3:2021) містять рекомендації до забезпечення виробництва екологічно чистих мийних засобів шляхом застосування європейських програм екомаркування та організації безвідходного виробництва із замкнутим колом енергообігу.

Отримані в роботі результати були апробовані та впроваджені в умовах ТОВ «Де Ла Марк» та можуть бути впроваджені на підприємствах, які займаються виробництвом мийних засобів. Результати наукової роботи застосовуються у навчальному процесі кафедри стандартизації та сертифікації сільськогосподарської продукції Національного університету біоресурсів і природокористування України для студентів й використовуються при вивченні курсу «Менеджмент навколишнього середовища».

Особистий внесок здобувача. Основні положення та результати, що висвітлені у дисертації, отримані автором самостійно. Окремі аспекти розроблення науково-технічного забезпечення виробництва екологічно чистих мийних засобів здійснювалися у співпраці з Науково-технічним центром «Віндіхімпроект» (договір 02/13-18 від 10.01.2018), з ВГО «Жива планета» (договір № 88-1-С від 30.10.2018), з Державним підприємством «Науковий центр превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки імені академіка Л. І. Медведя Міністерства охорони здоров'я України» (договір № 780 від 25.03.2020), з Державною установою «Інститут громадського здоров'я імені О. М. Марзєєва» (договір 1004 від 27.03.2018).

Автору належать: вивчення вітчизняного ринку мийних засобів та вивчення проблеми контролю їх екологічних показників; дослідження стану нормативної бази з якості та безпеки мийних засобів і перспективи її гармонізації відповідно до вимог європейського законодавства; розроблення пропозицій щодо нормування виробництва мийних засобів в Україні; проведення кореляційно-регресійного аналізу компонентів мийних засобів; проведення експериментальних досліджень з визначення взаємозв'язку між компонентами мийних засобів з використанням імітансного методу контролю якості; визначення безпечності інноваційних рецептур мийних засобів для водних екосистем; модифікація рамкових рецептур синтетичних мийних засобів, яка задовольняє вимоги, що висуваються до цієї групи товарів.

У роботі прямі екологічні ефекти від удосконалення рецептур та перевірки їх функціональних та екологічних властивостей виміряні автором в достатній кількісній вибірці, багаторазово та систематично.

Апробація результатів дисертації. Викладені в дисертаційному дослідженні наукові результати доповідались та обговорювались на: IV Міжнародній науково-практичній конференції, м. Львів; II Міжнародній науково-практичній конференції, м. Київ; X Всеукраїнській науково-практичній конференції, м. Одеса; XXIII Міжнародному семінарі метрологів (МСМ'2019) до 100-річчя кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, м. Львів; Міжнародній науково-практичній конференції, м. Херсон; IX Міжнародній науково-практичній конференції вчених, аспірантів і студентів до 122 річниці Національного університету біоресурсів і природокористування України, м. Київ.

Публікації. Основні теоретичні положення та висновки, сформульовані у дисертації, відображено у наукових публікаціях, серед яких п'ять статей, опублікованих у наукових фахових виданнях України та зарубіжжя, та шість тез доповідей на науково-практичних конференціях.

Структура дисертації визначена темою, предметом, метою та завданнями дослідження й містить анотації, подані українською та англійською мовами, вступ, п'ять розділів, висновки до кожного розділу, загальні висновки, список використаної літератури (205 джерел) та додатків. Повний обсяг дисертації – 370 сторінок, з яких основний текст займає 198 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

У **вступі** визначено актуальність теми дисертації, мету та завдання дослідження, його об'єкт і предмет, наведено методи дослідження, розкрито наукову новизну й практичне значення отриманих результатів, їх апробацію, охарактеризовано особистий внесок здобувача.

У першому розділі «**Аналіз сучасного стану розроблення мийних засобів, а також впливу на довкілля їх виробництва та застосування**» проаналізовано сучасний стан виробництва мийних засобів й обґрунтовано необхідність врахування екологічного чинника, який має регламентуватися в правовій сфері. Доведено, що в основі більшості мийних засобів функцію комплексоутворювачів виконують триполіфосфати (солі фосфорної кислоти), які вже заборонені в більшості країн Європи, а також присутні компоненти, які не відповідають вимогам світових екологічних стандартів, що становить потенційну небезпеку для водного середовища. У багатьох країнах законодавчо заборонили застосування фосфатних СМЗ, оскільки евтрофікація призводить до масового розвитку мікроскопічних водоростей (Рис. 1).

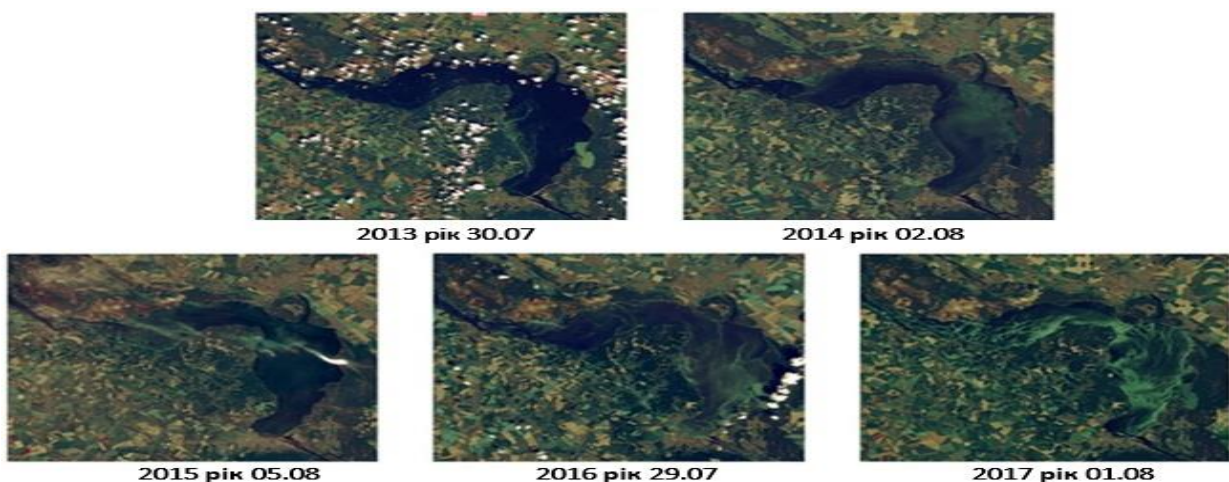


Рис. 1. Супутникові знімки цвітіння синьо-зелених водоростей у Канівському водосховищі у літній період (упродовж 2013 – 2017 років)

Доведено, що евтрофікація, піноутворення та зміна таких параметрів води, як температура, солоність, каламутність, зменшення поверхневого натягу води та рН, є важливими наслідками впливу побутових викидів, які потрібно

контролювати. Висока концентрація фосфатів у стічних водах та застарілі технології призводять до недостатнього очищення води. Така ситуація призводить до погіршення стану водних екосистем, впливає на якість води і на людину як на кінцевого споживача. Отже, для підтримання екологічної рівноваги у водних екосистемах необхідно контролювати вміст фосфатів у воді й не допускати його перевищення.

Серед різних забруднень мийні засоби становлять серйозні ризики для природних екосистем, особливо водних.

Гранично допустимі концентрації фосфатів у питній воді та воді для побутових потреб в Україні становить 3,5 мг $\text{PO}_4/\text{дм}^3/\text{л}$, а для води рибного господарства ГДК фосфатів становить також 3,5 мг $\text{PO}_4/\text{дм}^3/\text{л}$, або 0,2 мг $\text{P}/\text{дм}^3/\text{л}$, ставки та озера (природні водойми) – 0,05 мг $\text{P}/\text{дм}^3/\text{л}$, водопровідна – 0,4 мг $\text{P}/\text{дм}^3/\text{л}$, проточні водойми – 0,1 мг $\text{P}/\text{дм}^3/\text{л}$, зворотна вода – 0,03 мг $\text{P}/\text{дм}^3/\text{л}$, зроблено висновки, води у природних водойм в Україні не відповідає нормі (Рис. 2).

Однією з причин таких негативних наслідків є активне використання фосфоровмісних мийних засобів у побуті. Об'єм мийних засобів, які реалізуються на споживчому ринку України, складає 350 – 380 тис. т на рік.

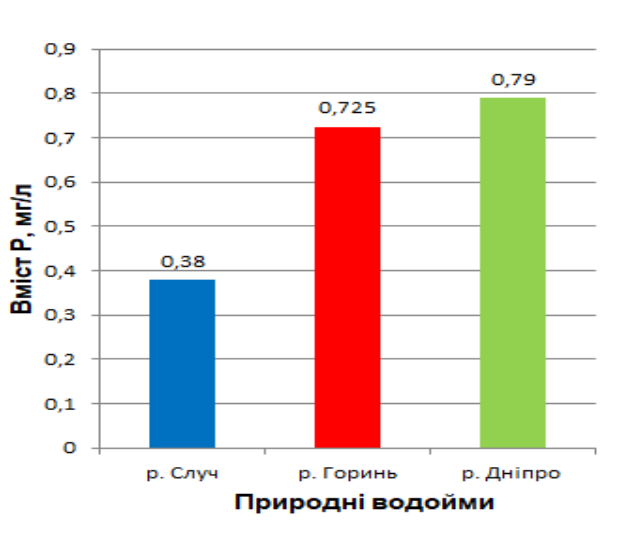


Рис. 2. Вміст фосфатів у природних водоймах

З метою уникнення негативного впливу фосфатів обґрунтовано перспективність заміни традиційних і більш шкідливих компонентів на нові екологічні. Окреслено екологічні програми та заходи, які стали дієвими інструментами впливу на екологічні характеристики товарів. Визначено реєстри заборонених речовин та речовин, концентрація яких не має переходити допустимий бар'єр. Аргументовано важливість розроблення нових технічних критеріїв виробництва мийних засобів.

У другому розділі «**Методологія та обґрунтування методик проведення досліджень**» визначено теоретичні та експериментальні методи, скеровані на визначення показників якості мийних засобів та їх компонентів.

До теоретичних віднесено розрахункові, соціологічні, метод кореляційно-регресійного (системного) аналізу та узагальнювальні теоретичні методи – порівняльний, комбінаторний, метод кваліметрії. До експериментальних – встановлення критеріїв впливу мийних засобів на стан довкілля та здоров'я людини протягом життєвого циклу продукції; визначення основних екологічно релевантних фізичних та хімічних характеристик. У рамках експериментальних методів виокремлено лабораторні методи: органолептичні, визначення мийної здатності засобів, оперативний метод імітансу та методи водної токсикології для визначення безпечності запропонованих засобів для водних екосистем.

Еколого-токсикологічні дослідження впливу мийних засобів на тест-об'єкти (водорості та ракоподібні) в експериментальних умовах були проведені на розчинах визначених концентрацій: 0,01, 0,1, 1,0, 10 та 100 мг/л.

Доведено, що проведення еколого-токсикологічних досліджень мийних засобів шляхом біотестування необхідне для визначення їх впливу на біоту при надходженні у водні екосистеми. У якості тест-об'єктів були обрані гіллястовусі безхребетні ракоподібні *Daphnia magna* та водорості видів *Microcystis aeruginosa* та *Desmodesmus brasiliensis*.

У третьому розділі «Дослідження методів оцінювання екологічності мийних засобів та розроблення Стандарту організації України» проведено аналіз нормативної та законодавчої бази щодо складу й виробництва мийних засобів, розроблено робочу й валідну модель для визначення відповідності мийного засобу сучасним функціональним та екологічним вимогам міжнародних стандартів та національної нормативної бази оцінювання мийних засобів (Рис. 3).

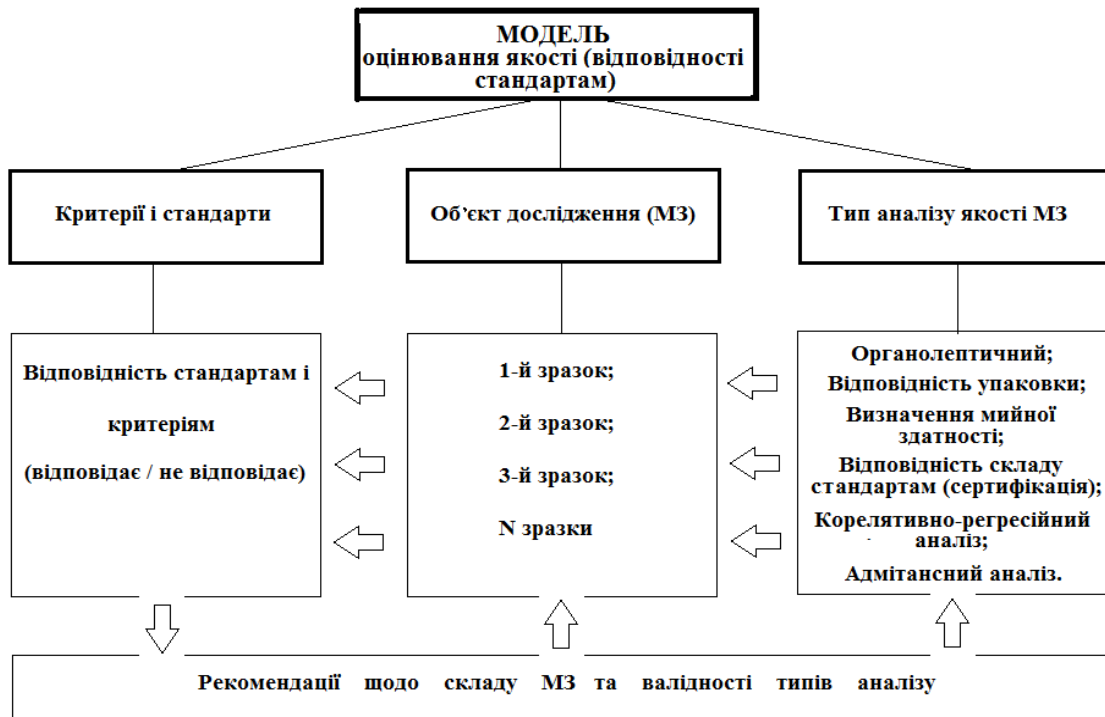


Рис. 3. Модель оцінювання відповідності мийних засобів стандартам

Модель є багатокомпонентною й включає тип, склад, призначення продукції тощо й відображає взаємозалежність релевантних факторів.

Аналіз нормативної бази й процедури сертифікації мийних засобів та розроблення моделі оцінювання відповідності мийних засобів сучасним екологічним вимогам дозволив розробити новий Стандарт організації України СОУ OEM 08.002.12.065:2016 «Засоби мийні та засоби для чищення. Екологічні критерії оцінювання життєвого циклу» для визначення екологічної відповідності екологічно чистих мийних засобів та засобів для чищення. Процес розроблення стандарту проводився у співпраці з ВГО «Жива планета» згідно з ДСТУ ISO 14024 та з європейськими програмами екомаркування.

У розділі 4 «Розроблення рецептур екологічно чистих мийних засобів» на основі рамкової рецептури №1 (Рис.4), наданої Науково-технічним центром «Віндіхімпроект», створено оригінальну рецептуру мийного засобу у вигляді екологічно чистого прального порошку. Створення рецептури відбувалося шляхом поетапної зміни комплексоутворювачів і поверхнево-активних речовин у проміжних експериментальних рецептурах (Рис. 4 – 6).

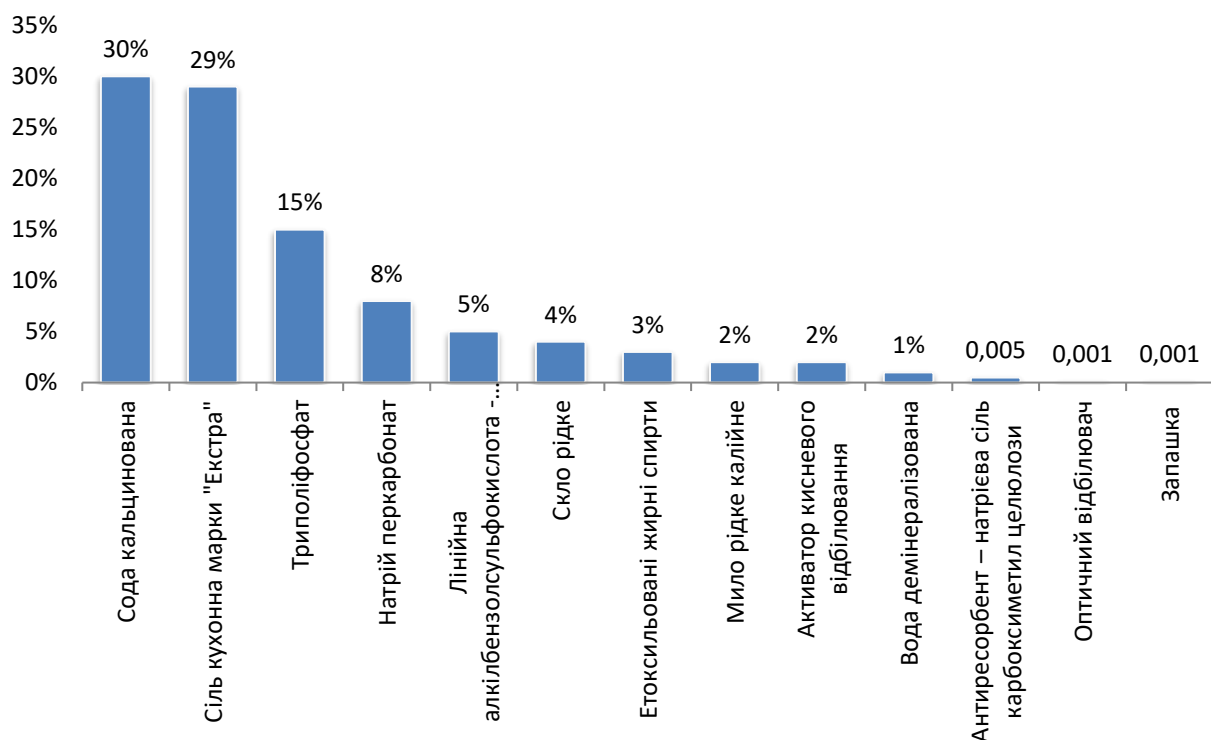


Рис. 4. Рецептура №1, рамкова рецептура порошка прального «Універсальний»

Після вивчення впливу основних та додаткових компонентів на споживчі властивості продукту було з'ясовано, що доцільні комплексоутворювачі збільшують мийну здатність та сприяють збереженню нагрівальних елементів

пральних машин й зберігають колір білизни завдяки зменшенню осідання мінеральних речовин. Проте екологічні показники залишалися на задовільному рівні через високий вміст фосфору (натрій триполіфосфат ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$)). Тому було прийнято рішення замінити такі комплексоутворювачі на екологічно прийнятні з аналогічним функціональним ефектом, а саме – на Трилон М (тринатрієва сіль метилгліциндіоцтової кислоти), полікарбоксилати та глюконат натрію ($\text{HOCH}_2(\text{CHOH})_4\text{COONa}$). У результаті отримано рецептуру з екологічно чистими комплексоутворювачами (Рис. 5).

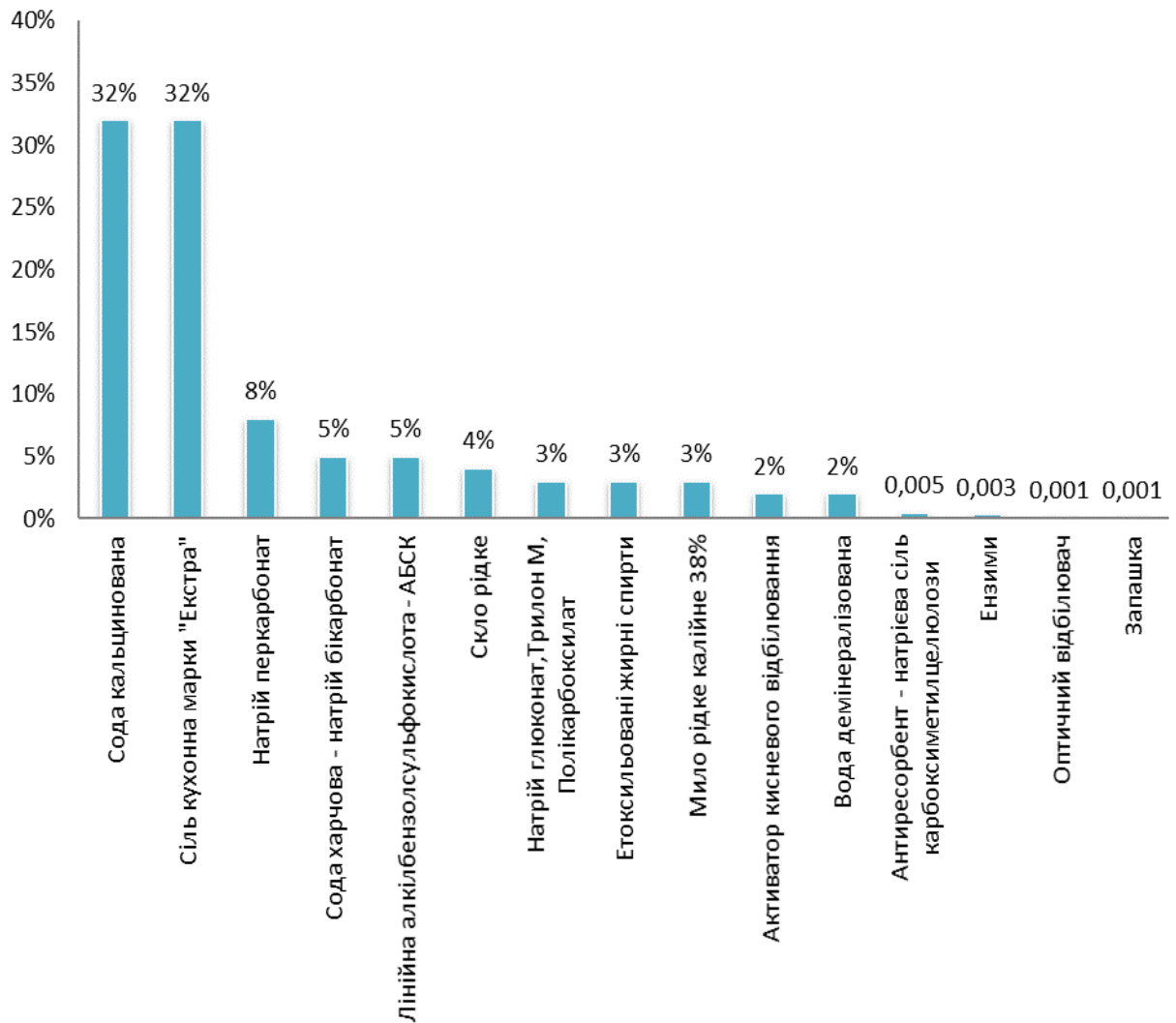


Рис. 5. Рецептура №2 із заміною триполіфосфатів на екологічні комплексоутворювачі.

Рецептура №2 виявилася більш ефективною, спостерігалася зниження повторного осідання частинок бруду через активну дію полікарбоксилатів, проте експертна оцінка функціональних властивостей новоствореної рецептури не виявила зростання мийної здатності, а навпаки деяке зменшення. У зв'язку з цим було прийнято рішення замінити ще один компонент – поверхнево-активні

речовини: алкілбензолсульфоокислоту на альфа-олефінсульфонат натрію. З урахуванням вищевказаних змін було створено рецептуру №3, компонентний склад якої у відсотках масової частки наведено на (рис. 6).

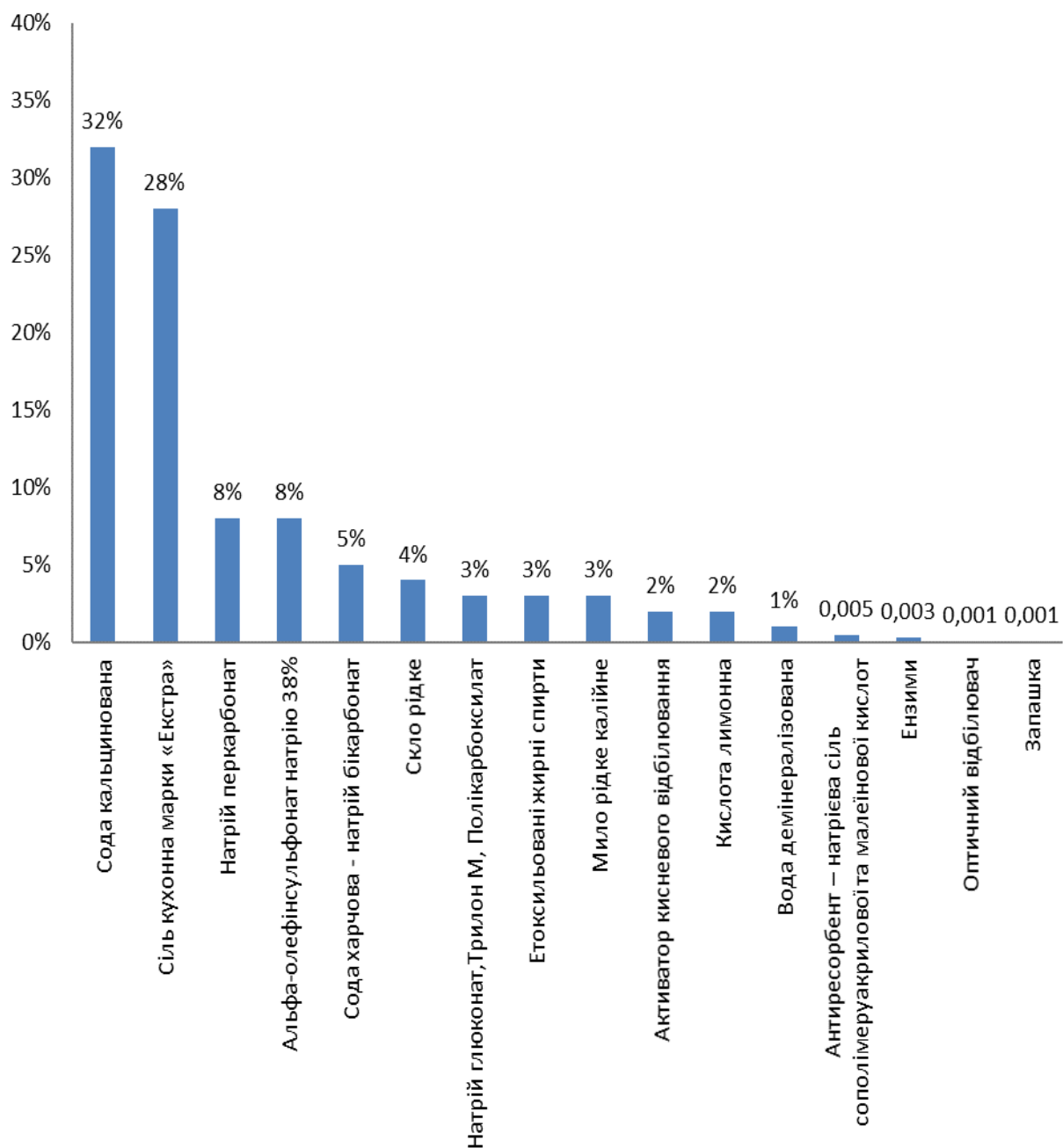


Рис. 6. Рецептура №3 із заміною алкілбензолсульфоокислоти на альфа-олефінсульфонат натрію.

Доведено, що доцільна зміна комплексоутворювачів та ПАР в рецептурі №3 підвищує його мийну здатність. Валідність показників перевірена шляхом багаторазового повторення процесу перевірки в рамках експерименту.

Функціональні показники якості та екологічності розробленої інноваційної рецептури № 3 у порівнянні з нормованими наведено в табл. 1.

Показники якості та екологічності розробленої інноваційної рецептури № 3

Назва показника	Норма	Фактично
1 Зовнішній вигляд	Гранули або порошок	Відповідає
2 Колір	Відповідність контрольному зразку	Відповідає
3 Запах	Запашки, що застосовується	Відповідає
4 Показник концентрації водневих йонів 1 % водного розчину, од. рН, не більше ніж	9,5-10,5	10,1
5 Мийна здатність %, не менше ніж	85,0	98
6 Масова частка пилу, %, не більше	3,0	1
7 Зольність бавовняної тканини після 25 циклів прання, %, не більше ніж	2,0	1,8
8 Зниження міцності бавовняної тканини після 25 циклів прання, %, не більше ніж	18	18
9 Піноутворювальна здатність: висота піни, см, не більше ніж	20	5
9 Біологічна розкладність ПАР, %, не менше ніж	80	96

Наступним етапом експерименту було з'ясування впливу новоствореної рецептури на біоту водного середовища. Екологічна оцінка безпечності мийних засобів проводилася шляхом біотестування розчинів у діапазоні концентрацій від 0,01 до 100 мг/л в експериментальних еколого-токсикологічних дослідження з використанням у якості тест-об'єктів гіллястовусих безхребетних ракоподібних *Daphnia magna*.

Вибір даних водяних організмів був обумовлений тим, що вони є характерними представниками прісноводних екосистем і використовуються в стандартизованих методиках біотестування для оцінки токсичності водного середовища. Еколого-токсикологічна оцінка мийних засобів шляхом

біотестування на *Daphnia magna* показала суттєву безпечність безфосфатного мийного засобу за рецептурою №3: при концентрації 100 мг/л виживає 90% організмів через 78 годин, в той же час фосфатний мийний засіб призводив до 100% загибелі гіллястовусих ракоподібних фільтраторів вже через 24 години (Рис. 7).

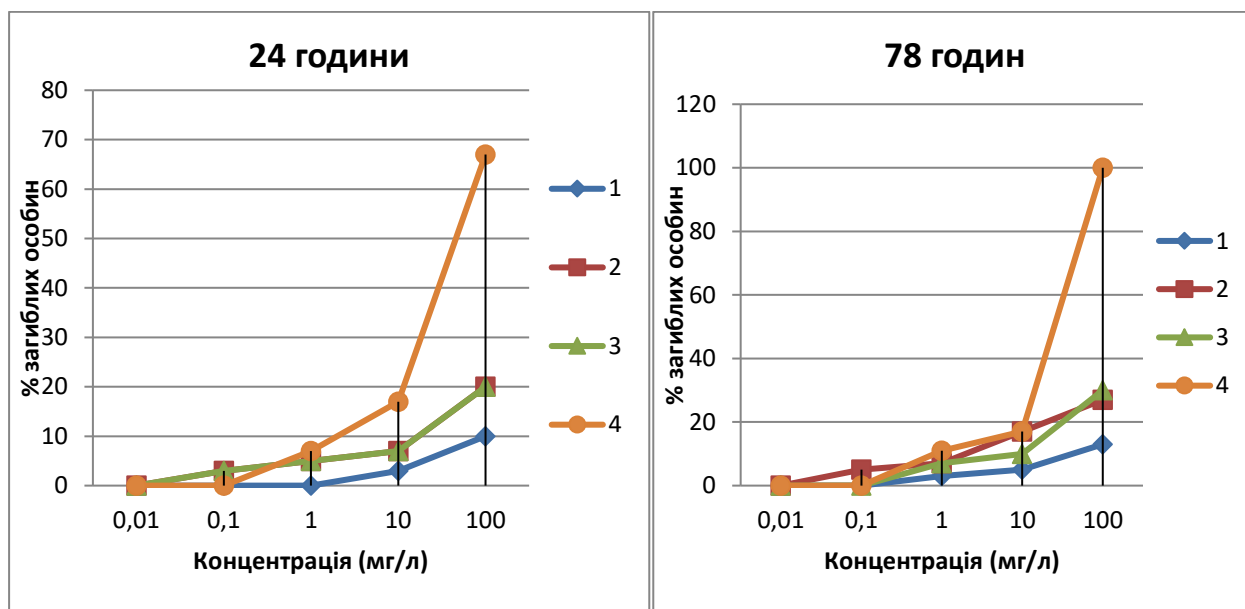


Рис. 7. Вплив мийних засобів на виживаність *Daphnia magna* після 24 та 78 годин впливу

Примітка: Тут і надалі: 1- МЗ за рецептурою №3; 2 – МЗ на основі сесквікарбонату натрію, безфосфатний (Україна); 3 – безфосфатний МЗ (Німеччина); 4 – фосфатний МЗ (Україна).

Дослід на гостру токсичність показав, що найбільша виживаність дафній спостерігалась у розчинах мийного засобу за рецептурою №3 при всіх досліджених концентраціях, навіть при 100 мг/л (90% живих особин). Найбільша смертність спостерігалась у розчинах фосфатного мийного засобу широкого попиту. Як показали дослідження, ця тенденція зберігалась і після 78 годин впливу.

Деяка інша ситуація спостерігалась для синьо-зелених водоростей. При усіх досліджених концентраціях синьо-зелені водорості *Desmodesmus brasiliensis* виявили на четверту добу приріст клітин майже у 100 разів для розчинів усіх мийних засобів, однакових з контролем. Після цього з 4 по 7 добу спостерігалось зниження продукції водоростей на 15-20% як у розчинах мийних засобів, так і для контролю. З цього можна зробити висновок, що ми не спостерігаємо впливу на культуру водоростей *Desmodesmus brasiliensis* мийних засобів у зворотньому діапазоні концентрацій, а ті зміни, що відбуваються, відображають ріст культури в замкненому просторі при наявності поживних речовин (Рис. 8). При їх вичерпанні розмноження клітин логічно зменшується.

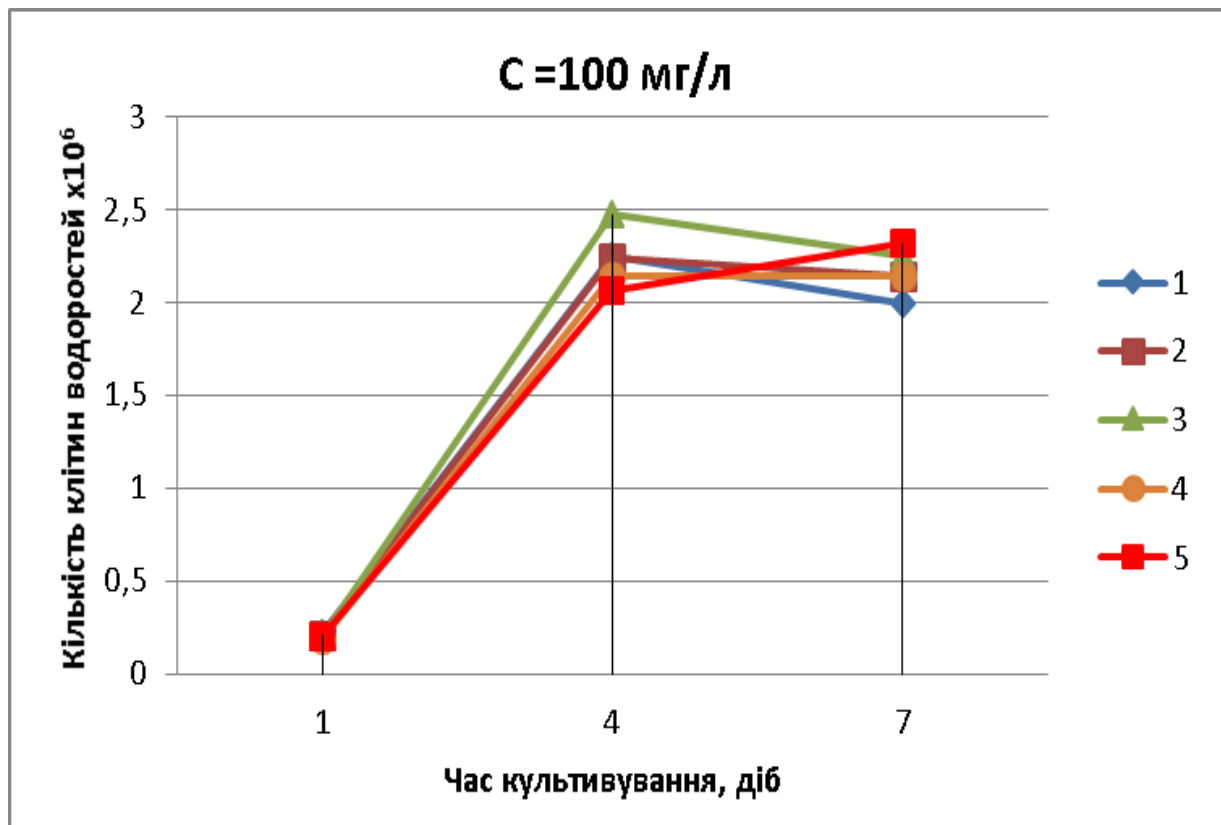


Рис. 8. Вплив мийних засобів на культивування водоростей *Desmodesmus brasiliensis* при концентрації 100 мг/л

Дещо інша ситуація спостерігалась для синьо-зелених водоростей *Microcystis aeruginosa*: ріст культур спостерігався рівномірно протягом усього періоду культивування у розчинах всіх досліджених мийних засобів, паралельно з контролем, хіба що з меншою інтенсивністю. Очевидно, що поживні речовини середовища в даному разі ще не вичерпалися й культура продовжувала рости.

Висновок з експерименту з обраними водоростями показав їхню недостатню чутливість для визначення токсичності впливу різних мийних засобів, принаймні, що стосується обраного діапазону концентрацій. У той же час, дафнії виявилися чутливими й можуть бути інформативними тест-об'єктами для визначення токсичності та екологічної безпечності мийних засобів.

Розроблені рецептури екологічно чистих порошків та технологія їх виробництва апробована та впроваджена в умовах підприємства ТОВ «Де Ла Марк», яке відповідає екологічним та енергозберігаючим вимогам згідно відповідних ТУ У та СОУ.

Виробництво екологічно чистих пральних порошків за інноваційною рецептурою на підприємстві складається з таких загальних процесів (рис. 9).

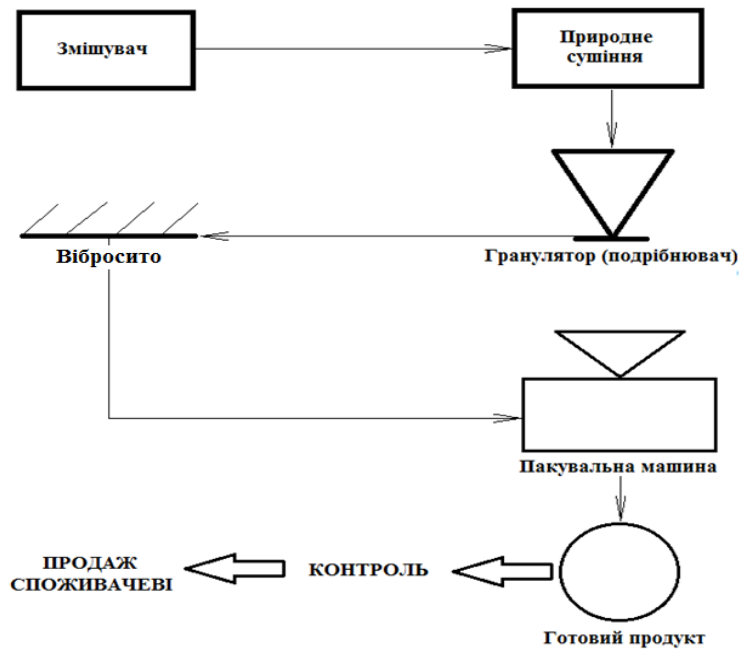


Рис. 9. Схема технологічного процесу виготовлення екологічно чистих мийних засобів

У виробничих умовах доведено, що екологічної, функціональної та ресурсозберезувальної ефективності виробництва розроблених пральних порошків було досягнуто шляхом модифікації технологічного процесу, видозміною сировинних компонентів, застосуванням менш енерговитратних технологій, максимальною орієнтацією на збереження навколишнього середовища та забезпечення санітарно-гігієнічних норм згідно прийнятих стандартів.

У розділі 5 «Соціально-економічне впровадження екологічно чистих мийних засобів на ринок України» проаналізовано економічну й соціальну доцільність від впровадження екологічно чистих мийних засобів на ринок України. Визначено основні макроекономічні та соціальні чинники, які впливають на ринок екотоварів в Україні: а) чисельність населення; б) індекс споживчих цін; в) динаміка реальної заробітної платні; г) рівень безробіття.

Описано динаміку розвитку виробництва продукції ТОВ «Де Ла Марк», в результаті впровадження у виробництво екологічно чистих мийних засобів, яка визначається зростанням економічної ефективності (табл. 2).

Таблиця 2.

Динаміка зростання продажу пральних порошків ТОВ «Де Ла Марк»

Рік	2018	2019	2020
Кількість проданих пачок порошку	3050	4877	6502

Визначено економічну «нішу» та стратегії впровадження синтетичних екологічно чистих мийних засобів ТМ «Де Ла Марк». Проведено SWOT-аналіз ТОВ «Де Ла Марк», в ході якого визначено слабкі й сильні сторони впровадження екологічно чистих мийних засобів на ринок України. З'ясовано, що економічний успіх ТОВ «Де Ла Марк» полягає не тільки у плановій діяльності, а й постійній модифікації виробництва та менеджменту завдяки моніторингу потреб і симпатій споживачів, які разом з екологічною політикою є основним рушійним ресурсом прогресу компанії.

ВИСНОВКИ

У результаті дисертаційного дослідження на тему «Удосконалення технологій виробництва екологічних мийних засобів» відповідно до поставлених завдань було зроблено такі висновки:

1. Аналіз впливу мийних засобів на довкілля показав, що в Україні й світі забруднення поверхневих вод фосфатами значною мірою відбувається через надходження стічних вод, що містять фосфати та інші шкідливі речовини як компоненти синтетичних мийних засобів. Це викликає евтрофікацію, виділення токсинів, загибель гідробіонтів та деградацію водних екосистем. Для вирішення цієї проблеми необхідно вводити обмеження, а краще заборону, на використання фосфоровмісних мийних засобів на державному рівні, як це зробили більшість розвинених країн. Тому єдиний шлях вирішення проблеми зменшення кількості фосфатів у мийних засобах.

2. Розроблена модель оцінювання мийних засобів сучасним екологічним вимогам показала свою високу ефективність щодо оцінювання відповідності мийних засобів сучасним екологічним вимогам.

3. На основі вивчення міжнародної та вітчизняної нормативно-правової документації, а також із врахуванням потреби у більш жорсткій регламентованості компонентного складу, технологій виробництва мийних засобів, їх життєвого циклу тощо, нами у співпраці з ВГО «Жива планета» було розроблено новий стандарт організації України СОУ ОЕМ 08.002.12.065:2016 «Мийні засоби та засоби для чищення. Екологічні критерії оцінювання життєвого циклу». Відповідно до стандарту висунуті вимоги, які перевищують визначені обов'язковими державними нормативними документами: вимоги до сировини, вимоги до виробництва, вимоги до готової продукції, вимоги до упаковки і тари, вимоги до транспортування, вимоги до екомаркування.

4. З урахуванням моделі та новоствореного СОУ шляхом доцільної заміни інгредієнтів на базі рамоквих рецептур, було створено оригінальну рецептуру екологічно чистого мийного засобу для прання. Експериментальна перевірка функціональної й екологічної розробленої рецептури мийних засобів та експериментальної технології її виготовлення виявила високу ефективність та повну відповідність вимогам стандартів СОУ ОЕМ 08.002.12.065:2016 «Засоби мийні та засоби для чищення. Екологічні критерії оцінювання життєвого циклу» за схемою сертифікації згідно з ISO 14024.

5. Шляхом проведення еколого-токсикологічних досліджень впливу інноваційних мийних засобів шляхом біотестування доведено, що у водних середовищах розроблений екологічно чистий мийний засіб здійснює

мінімальний вплив на гідробіонти при надходженні у водні екосистеми в порівнянні з іншими безфосфатними та фосфатними засобами. При цьому експеримент із зеленими водоростями показав їхню недостатню чутливість для визначення токсичності впливу різних мийних засобів у обраному діапазоні концентрацій. У той же час, дафнії виявилися чутливими й можуть застосовуватись в якості інформативних тест-об'єктів для визначення токсичності та екологічної безпечності мийних засобів.

6. Після експертної перевірки розробленого мийного засобу сформовано та затверджено нові Технічні умови України (ТУ У 24.1-36385435-001:2011 (Зміна 3:2021) для виготовлення продукту «Порошок пральний безфосфатний концентрований «Royal Powder» для машинного та ручного прання» й упроваджено у виробництво в умовах ТОВ «Де Ла Марк».

7. Для промислового виробництва екологічно чистого мийного засобу «Royal Powder» було спроектовано, розроблено й утілено діючий проект організації ресурсозберезувального виробництва мийних засобів на підприємстві ТОВ «Де Ла Марк». У його основі лежать принципи виробництва із замкнутим контуром ресурсообігу та мінімальним споживанням невідновлюваних ресурсів.

8. Соціологічний аспект вивчення ринку екологічних товарів України засвідчив зростання вітчизняного попиту на екотовари, при чому ніша екологічної побутової хімії на ринку України перебуває поки що на етапі становлення та регулювання. Економічний ефект впровадження екологічно чистих мийних засобів під торговою маркою «Royal Powder» пов'язаний з вдалим завершенням експериментальної розробки оригінальних та ефективних рецептур мийних засобів та позитивною динамікою розвитку виробництва.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. **Веренікін О.М.**, Слива Ю.В., Булітко Л.Є. Актуальність екологічної сертифікації миючих засобів в Україні. *Стандартизація, сертифікація, якість*. 2019. № 3. С. 55 – 61. *Авторові належить визначення засад екологічної сертифікації мийних засобів в Україні та методу екологічної сертифікації для ідентифікації екологічно чистих мийних засобів.*
2. **Веренікін О.М.**, Слива Ю.В. Організація енергоефективного та екологічного чистого виробництва мийних засобів. *Екологічні науки*. 2020. № 4 (31). С.203 – 212. *Авторові належать розрахунки енергоефективності обладнання для екологічного чистого виробництва мийних засобів.*
3. Slyva Yu., **Verenikin O.** Development of detergent recipe with improved environmental characteristics. *Environmental problems*. 2020. Vol. 5. №. 4. P. 223 – 229. *Авторові належать теоретичні розрахунки компонентного складу екологічно чистих мийних засобів.*
4. **Веренікін О.М.**, Слива Ю.В., Вдосконалення системи контролю за якістю мийних засобів з покращеними екологічними характеристиками. *Наукові*

доповіді НУБіП України. 2020. № 6 (88) С. 23 – 34. Авторів належать пропозиції щодо розроблення нормативної документації для контролю за якістю екологічних мийних засобів.

Стаття у періодичному науковому виданні іншої держави, яка входить до організації економічного співробітництва та розвитку та/або Європейського Союзу:

5. Слива Ю.В. **Вереникин А. М.** Состояние и перспективы производства моющих средств с улучшенными экологическими характеристиками. *Устойчивое развитие*. 2019. №1 С. 17 – 22. Авторів належить аналіз сучасних напрямів вдосконалення компонентного складу екологічних мийних засобів.

Статті, включені до міжнародних наукометричних баз даних:

6. Verenikin O., Slyva Y. Evaluation of consumer quality parameters of ecological detergents //Ukrainian Journal of Ecology. 2021. 11(1). P. 242-247. Web of Science.

Тези наукових доповідей:

7. **Веренікін О.М.** Аналіз показників екологічної побутової хімії щодо вмісту небезпечних речовин. «Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи», IV Міжнародна науково-практична конференція (м. Львів, 16-17 травня 2019 року): тези доповіді. Львів, С. 89 – 91.
8. **Веренікін О.М.,** Слива Ю.В., Екологічні критерії засобів для прання для сертифікації згідно ДСТУ ISO 14024:2002. *Інфраструктура якості: перспективи та тенденції розвитку*: II Міжнародна науково-практична конференція, (м. Київ, 6 червня 2018 року): тези доповіді. Київ, 2018. С. 7 – 8. Авторів належить аналіз відповідності вітчизняних мийних засобів стандартам ISO 14024:2002.
9. **Веренікін О.М.,** Слива Ю.В., Актуальність та доцільність екологічної сертифікації мийних засобів в Україні. *Технічне регулювання, метрологія, якість, інформаційні та транспортні технології*: X Всеукраїнська науково-практична конференція (м. Одеса 16-17 травня 2019 року): тези доповіді. Одеса, 2019. С. 213. Авторів належить аналіз світових стандартів екопродукції, які лягають в основу сертифікаційних систем.
10. **Веренікін О.М.,** Слива Ю.В, Застосування альтернативних методів оцінки мийних засобів. *Міжнародна конференція метрологів МКМ'2019: Тези доповідей XXIII Міжнародного семінару метрологів (МСМ'2019) до 100-річчя кафедри інформаційно-вимірювальних технологій* (м. Львів 10–12 вересня 2019 року): тези доповіді. Львів, 2019. С. 33 – 34. Авторів належить обґрунтування методу екосертифікації як найбільш доступного для споживача.
11. **Веренікін О.М.,** Оцінка та контроль якості мийних засобів з покращеними екологічними характеристиками. *Нові підходи до державного контролю якості за європейськими принципами*: Міжнародна науково-практична конференція (м. Херсон, 11-13 вересня 2019 року): тези доповіді. Херсон, 2019. С. 121.

12. **Веренікін О.М., Слива Ю.В.**, Дослідження якісних показників синтетичних мийних засобів з покращеними екологічними характеристиками в залежності від їх складу. *Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: IX Міжнародної науково-практичної конференції вчених, аспірантів і студентів, до 122 річниці Національного університету біоресурсів і природокористування України. Київ, 2020. С. 36. Авторів належить аналіз впливу окремих комплексуютьовачів на споживчу якість кінцевого продукту.*

АНОТАЦІЯ

Веренікін О. М. Удосконалення технологій виробництва екологічно чистих мийних засобів. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека.

Дисертація є комплексним методологічно-практичним дослідженням з розроблення інноваційних рецептур екологічно чистих мийних засобів та вдосконалення технологій їх виробництва.

У дисертаційному дослідженні вирішено низку актуальних теоретико-практичних завдань. Здійснено аналіз сучасного стану розроблення мийних засобів, а також впливу на довкілля їх компонентів, розроблено різноаспектну методика перевірки екологічної та функціональної прийнятності мийних засобів й створено робочу модель оцінювання відповідності мийних засобів стандартам. Практичним результатом цього стало розроблення нового стандарту СОУ ОЕМ 08.002.12.065:2016 «Засоби мийні та засоби для чищення. Екологічні критерії оцінювання життєвого циклу».

У рамках експериментальної частини дослідження розроблено перспективну рецептуру екологічно чистого мийного засобу (прального порошку), який відповідає новим стандартам вітчизняної та міжнародної сертифікації, в тому числі й новоствореному СОУ. У результаті проведення еколого-токсикологічних досліджень впливу інноваційного мийного засобу шляхом біотестування доведено, що у водних середовищах розроблений екологічно чистий мийний засіб здійснює мінімальний вплив на гідробіоти при надходженні у водні екосистеми в порівнянні з іншими безфосфатними та фосфатними засобами.

Удосконалено систему контролю й технічну документацію шляхом розроблення ТУ У 24.1-36385435-001:2011 (Зміна 3:2021) для промислового виробництва новоствореного екологічно чистого прального порошку. Відповідно до вищевказаного ТУ було спроектовано, розроблено й утілено діючий проект організації ресурсозберезувального виробництва мийних засобів ТОВ «Де Ла Марк», яке провадить виробництво розробленого екологічно чистого мийного засобу під торговою маркою «Royal Powder».

На основі соціологічного опитування, аналізу ринку екологічних товарів Західної Європи й України з'ясовано соціально-економічні тенденції

впровадження екологічно чистих товарів на ринок України й доведено зростання вітчизняного попиту на екотовари.

Ключові слова: екологічно чисті мийні засоби, рецептури, технологія виробництва, екологічні критерії, токсичність, екологічна безпечність.

SUMMARY

Verenikin O.M. Improvement of technologies of production of ecologically clean detergents. Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of technical sciences for specialty 21.06.01 - environmental safety.

The dissertation is a complex methodological and practical research on the development of innovative recipes for environmentally friendly detergents and improvement of production technologies.

In the dissertation research a number of actual theoretical and practical problems are solved. An analysis of the current state of development of detergents, as well as the impact on the environment of their components, developed a multifaceted method of testing the environmental and functional acceptability of detergents and created a working model for assessing the compliance of detergents with standards. The practical result of this was the development of a new standard SOU OEM 08.002.12.065:2016 "Detergents and cleaners. Environmental criteria for life cycle assessment".

As part of the experimental part of the study, a promising recipe for environmentally friendly detergent (washing powder) was developed, which meets the new standards of domestic and international certification, including the newly created SOU. As a result of ecological and toxicological studies of the impact of innovative detergent by biotesting, it is proved that in aquatic environments the developed ecologically clean detergent has minimal impact on aquatic organisms when entering aquatic ecosystems in comparison with other phosphate-free and phosphate agents.

The control system and technical documentation have been improved by developing TU U 24.1-36385435-001: 2011 (Change 3: 2021) for the industrial production of newly created environmentally friendly washing powder. In accordance with the above technical specifications, a current project for the organization of resource-saving production of detergents LLC "De La Marc", which produces the developed environmentally friendly detergent under the trademark "Royal Powder", was designed, developed and implemented.

On the basis of a sociological survey, analysis of the market of ecological goods in Western Europe and Ukraine, socio-economic trends in the introduction of environmentally friendly goods on the market of Ukraine and the growth of domestic demand for eco-goods.

Key words: ecologically clean detergents, recipes, production technology, ecological criteria, toxicity, ecological safety.

Підписано до друку 23.02.2021 р. Формат 60x84¹/₁₆.
Папір офсетний. Гарнітура Times. Ум. друк. арк. 0,93.
Обл.-вид. арк. 1,25. Наклад 100. Зам. 44.

Поліграфічний центр АТ «ПТІ «Київоргбуд».
01010, Україна, Київ, вул. Михайла Омеляновича-Павленка, 4/6,
тел. +380 44 280 91 13