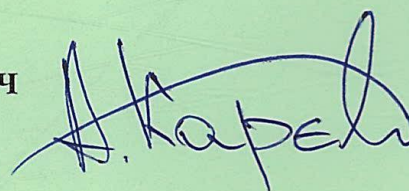


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

КАРЄВ АРТЕМ ІГОРОВИЧ



УДК 691.175.579.222.2

**БУДІВЕЛЬНІ КОМПОЗИТИ З ВТОРИННИХ ПОЛІОЛЕФІНІВ І  
РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ З ПІДВИЩЕНИМИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИМИ  
ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

05.23.05 - будівельні матеріали та вироби

**Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук**

Харків – 2021



Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному університеті будівництва та архітектури Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Данченко Юлія Михайлівна**,  
Харківський національний університет  
будівництва та архітектури Міністерства  
освіти і науки України, завідувачка  
кафедри загальної хімії, професор;

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Шинкевич Олена Святославівна**,  
Одеська державна академія будівництва  
та архітектури Міністерства освіти і  
науки України, професор кафедри  
процесів та апаратів в технології  
будівельних матеріалів;


кандидат технічних наук, доцент  
**Борзяк Ольга Сергіївна**,  
Український державний університет  
залізничного транспорту Міністерства  
освіти і науки України, доцент кафедри  
будівельних матеріалів, конструкцій та  
споруд.

Захист дисертації відбудеться «06» травня 2021 року об 11<sup>00</sup> год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.056.04 у Харківському національному університеті будівництва та архітектури за адресою: 61002, м. Харків, вул. Сумська, 40.

Із дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного університету будівництва та архітектури за адресою: 61002, м. Харків, вул. Сумська, 40, та на сайті університету за електронною адресою: <http://www.kstuca.kharkov.ua>

Автореферат розісланий «2» квітня 2021 року.

Учений секретар спеціалізованої  
вченої ради, канд. техн. наук, доцент



О.В. Доброходова

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність роботи.** Утворення і накопичення полімерних відходів виробництва та споживання викликає серйозну екологічно-господарську проблему у сфері комунальної служби та утилізації вторинної сировини. Розширення масштабів виробництва полімерних матеріалів супроводжується збільшенням кількості відходів, у зв'язку з чим актуальними є й наукові дослідження з розробки технологій раціонального використання вторинної сировини, які дозволяють найбільш повно використовувати вихідну сировину з отриманням цінних продуктів.

Аналіз літературних даних показав, що одним з перспективних напрямків вирішення екологічної проблеми, пов'язаної із забрудненням навколишнього середовища синтетичними полімерами є розробка композиційних матеріалів на їх основі з додаванням рослинних наповнювачів, які є відходами та поновлюваним джерелом рослинної біомаси. Економічно доцільним рішенням є переробка полімерних і рослинних відходів в потенційно корисну сировину, кінцевими продуктами переробки якої можуть бути: будівельні матеріали, елементи домашніх та офісних меблів, огорожі, декоративні елементи, сайдинг, декінг і т. ін. Це дозволяє отримати значний екологічний та економічний ефекти.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами.** Основні дослідження були здійснені в межах виконання плану НДР кафедри загальної хімії ХНУБА у 2016-2018 рр. за темою: «Розробка екологічно безпечних полімерних композиційних матеріалів з використанням вторинної сировини та відходів виробництв» (номер держ. реєстрації 0116U007756), у 2020-2021 рр. за темою: «Регулювання комплексу фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей полімерних зв'язуючих і композитів будівельного призначення шляхом хімічної і фізико-хімічної структурної модифікації» (номер держ. реєстрації 0119U000746).

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є розробка наповнених рослинними відходами композитів на основі вторинних поліолефінів з підвищеними фізико-механічними характеристиками та створення на їх основі матеріалів будівельного призначення стійких до дії кліматичних факторів. Для досягнення мети були поставлені наступні задачі:

- дослідити ефективність використання рослинних відходів для створення будівельних композитів з вторинних поліолефінів;
- визначити хімічний склад, морфологічні, структурно-технологічні та кислотно-основні поверхневі властивості дисперсних рослинних відходів;
- установити закономірності структурування та механізм фізико-хімічних взаємодій на поверхні поділу фаз «вторинний поліолефін – дисперсний рослинний наповнювач»;
- вивчити вплив виду хімічного складу, поверхневих кислотно-основних властивостей, вмісту та дисперсності рослинних відходів на технологічні, фізико-механічні і експлуатаційні характеристики композитів на основі вторинних поліолефінів;
- оцінити ефективність складів наповнених рослинними відходами поліолефінових композитів з підвищеними фізико-механічними характеристиками та зниженим показником водопоглинання;

– удосконалення технологічного процесу виготовлення рослино-полімерних композитів (РПК);

– розробити нормативно технічну документацію для отримання на основі ефективних складів РПК будівельних матеріалів стійких до дії кліматичних факторів.

**Об’єкт дослідження** – процеси структуроутворення та формування технологічних і експлуатаційних властивостей композитів на основі вторинних поліолефінів та рослинних відходів.

**Предмет дослідження** – композиційні будівельні матеріали на основі вторинних поліетилену і поліпропілену та рослинних відходів – гречаного і вівсяного лушпиння.

**Методи дослідження.** Теоретичні дослідження проводилися на основі аналізу та систематизації наукових уявлень про фактори, що впливають на створення будівельних композитів на основі вторинних поліолефінів та рослинних наповнювачів, методів направлених на поліпшення технологічних, фізико-механічних та експлуатаційних властивостей.

Інфрачервоні спектри (ІЧ) отримували на ІЧ-спектрофотометрі SPECORD 75 UR при 293-298 К в інтервалі частот 4000 – 500  $\text{cm}^{-1}$ . Дослідження структури дисперсних наповнювачів проводились методом електронної мікроскопії на мікроаналізаторі 5X Digital Microscope Zoom. Термічний аналіз рослинних відходів проводили на електронній установці «Дериватограф Q 1500 D». Питому поверхню дисперсних рослинних наповнювачів досліджували методом БСТ (ISO 9277:2010). Структурно-технологічні властивості дисперсних матеріалів визначились згідно методичних вказівок «Методи аналізу і випробувань дисперсних наповнювачів». Поверхневі кислотно-основні властивості компонентів, що входять до складу композиту вивчали метод Паркса-Бобиренко та А.П. Ничипоренко. Реологічні властивості вторинних поліолефінів та композитів на їх основі досліджували метод визначення показника плинності розплаву (ППР) (ISO 1133:1997). Фізико-механічні (ISO 179-2:2017; 178:2010) та експлуатаційні (ISO 9352; 62:2008) властивості визначалися за відомими стандартними методиками.

**Наукова новизна** результатів досліджень зумовлена тим, що:

*Уперше:*

– досліджені кислотно-основні властивості поверхні рослинних дисперсних відходів; встановлено, що на поверхні гречаного лушпиння переважають два типи активних центрів: слабо-кислотні ( $pK_a \approx 5,53-5,83$ ) і майже нейтральні ( $pK_a \approx 6,16-6,30$ ), поверхня вівсяного лушпиння має характер близький до нейтрального з кислотною силою активних центрів  $pK_a \approx 6,15-6,32$ , поверхні деревного та борошна хвої мають слабо-кислотний характер з центрами  $pK_a \approx 5,29-5,52$  та  $pK_a \approx 5,02-5,36$  відповідно; встановлено, що кислотність поверхні прямо пропорційно залежить від сумарного вмісту целюлози і лігніну у складі відходів;

– досліджені кислотно-основні властивості поверхні частинок вторинних поліолефінів; встановлено, що поверхня частинок вторинного поліпропілену має більш кислотний характер ніж поверхня вторинного поліетилену і це зумовлено наявністю у складі вторинного поліпропілену функціональних груп кислотного характеру (карбокисильні, альдегідні та ін.);

– встановлено, що нові ефективні склади рослинно-полімерних композитів з покращеними властивостями одержуються при поєднанні наповнювачів зі слабко-кислотним характером поверхні (гречаного лушпиння) та полімеру з нейтральною характеристикою (вторинним поліетиленом), при додаванні наповнювача з нейтральною поверхнею (вівсяного борошна) до полімеру з кислотним характером поверхні (вторинного поліпропілену);

– встановлено, що вміст целюлози та лігніну у складі рослинних відходів може бути одним з критеріїв оцінки стійкості до високих температур (200<sup>0</sup>С і вище), а саме, при зменшенні їх вмісту підвищується стійкість до високих температур.

*Отримало подальший розвиток:*

– уявлення про кислотно-основний механізм взаємодії на межі поділу фаз у процесах структуроутворення та формування властивостей рослинно-полімерних композитів на основі вторинних поліолефінів;

– використання методів кислотно-основного титрування та потенціометричних досліджень для розширення уявлень про хімічну природу поверхні дисперсних рослинних матеріалів та частинок вторинних поліолефінів.

### **Практичне значення одержаних результатів.**

В результаті експериментально-теоретичних досліджень розроблено нові склади будівельних композитів на основі вторинних поліолефінів та рослинних наповнювачів, а також з комплексним наповнювачем (гречаним і вівсяним лушпинням) будівельні композити з підвищеними фізико-механічними характеристиками та зниженим показником водопоглинання.

Розроблено проект технічні умови на виробу профільно-погонні з рослинно-полімерного композита. Пробну партію виробів типу декінг на основі розробленого складу виготовлено на підприємстві ТОВ ВФ «Полімер» (м. Харків), отримані погонні вироби знайшли застосування в якості настилів для облаштування містка на учбово-розважальній базі «спортивно-туристичний клуб» («СТК»), м. Лисичанськ) на підприємстві ТОВ «Аква-Терм Сервіс» (м. Северодонецьк). Економічний ефект від впровадження складає 32 грн. / м<sup>2</sup> настилу. Встановлено, що потенційний строк їх експлуатації складає не менше 25 років.

Розроблено удосконалену технологію отримання будівельних композиційних матеріалів, а також технологічну інструкцію та впроваджено на підприємстві агропромислового комплексу ТОВ «Органік-Еко-Продукт» (м. Харків).

**Особистий внесок здобувача.** Обґрунтовано вибір вторинних поліолефінів та рослинних наповнювачів, для створення будівельних композитів; досліджено вплив структури наповнювачів на технологічні та експлуатаційні властивості розроблених композитів; проведено аналіз впливу кислотно-основного характеру поверхонь рослинних наповнювачів та вторинних поліолефінів на експлуатаційні властивості; вибір раціональних складів для створення будівельних композитів з підвищеними експлуатаційними характеристиками; проведення досліджень кліматичного старіння будівельних композитів з ефективними складами з метою визначення їх довговічності; впровадження результатів дослідження в практику будівництва в якості декінку для облаштування човнових причалів; впровадження у виробництво на підприємстві в якості удосконаленої технології виробництва рослинно-полімерних композитів на основі вторинних поліолефінів;



**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на: XX Міжнародній науковій – практичній конференції «Інформаційні технології : наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я (MicroCAD–2012) (м. Харків, 15 - 17 травня 2012 р.); Сьомій Всеукраїнській науковій конференції студентів, аспірантів і молодих учених з міжнародною участю "Хімічні проблеми сьогодення" (м. Донецьк, 11–14 березня 2013 р.); 13-й Всеукраїнській конференції молодих вчених та студентів з актуальних питань сучасної хімії з міжнародною участю (м. Дніпропетровськ, 19-21 травня 2015 р.); Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених "Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту" (м. Харків, 2016 р.); Дев'ятій Українській конференції студентів, аспірантів і молодих учених з міжнародною участю "Хімічні проблеми сьогодення" (м. Вінниця, 29–30 березня 2016 р.); IV Міжнародній науково-практичній конференції "Ефективні організаційно-технологічні рішення та енергозберігаючі технології в будівництві" (м. Харків, 23-24 березня 2016р.); IX Міжнародній науково-технічній Web-конференції «Композиційні матеріали» (м. Київ, 20 березня – 15 травня 2016 р.); II Міжнародній науково-технічній Інтернет-конференції «Ресурсосбережение и энергоэффективность инженерной инфраструктуры урбанизированных территорий» (м. Харків, 2-27 лютого 2016 р.); International research and practice conference «Modern methods, innovations, and experience of practical application in the field of technical sciences», (Radom, Republic of Poland December, 27-28, 2017); Міжнародній науково-практичній конференції "Духовно-моральнісні основи та відповідальність особистості у долі людської цивілізації", (м. Харків, 16 листопада 2016 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Технології та інфраструктура транспорту», (м. Харків, 14-16 травня 2018 р.); I Міжнародній науковій конференції для студентів та молодих вчених "Хімічні проблеми сьогодення" (м. Вінниця, 27–29 березня 2018 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми надзвичайних ситуацій» (м. Харків, 20 травня 2020 р.); Міжнародному семінарі «Моделювання та оптимізація будівельних композитів» (м. Одеса, 3-4 грудня 2020 р.).

**Публікації.** Основний зміст дисертаційної роботи викладено у 26-ти друкованих працях, з них 8 статей у фахових виданнях, рекомендованих МОН України, 2 статті у виданнях, що включені до міжнародної наукометричної бази Scopus; 16 статей апробаційного характеру, з них 1 стаття у виданні, що включено до міжнародної наукометричної бази Scopus; 1 патент України на корисну модель; 1 публікація, що додатково відображає зміст дисертаційної роботи.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел із 186 найменувань та 7 додатків на 47 сторінках. Повний обсяг дисертації становить 219 сторінок, містить 35 рисунків та 25 таблиць.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** викладена загальна характеристика дисертації: актуальність роботи, мета та завдання дослідження, наукова новизна й практичне значення роботи, особистий внесок автора, зв'язок з відповідними науковими програмами і темами, апробація результатів, а також інформація щодо структури й обсягу дисертації.

**У першому розділі** проведено аналіз наукових публікацій і праць, які присвячені вивченню стану питань про фізико-хімічні аспекти створення композитів та виробів будівельного призначення з вторинних поліолефінів та рослинних відходів та наведено сучасні напрями використання у практиці будівництва. Досліджені основні дисперсні наповнювачі для одержання рослинно-полімерних композитів на основі вторинних поліолефінів та визначено найбільш ефективні шляхи створення композитів та виробів будівельного призначення з вторинних поліолефінів та рослинних наповнювачів з підвищеними фізико-механічними характеристиками. Теоретичне та практичне обґрунтування створення деревно-полімерних будівельних композитів та матеріалів на основі вторинних поліолефінів та рослинних наповнювачів викладені в роботах Абушенко О.В., Новак Д.С., Костенко А.Ю., Черьопкіної Р.І., Глухіна В.В., Шкуро О.Є., Мухіна М.М., Буриндіна В.Г., Мацеєвич Т.А., Аскадского А.О. та інших.

З усього вищевикладеного, сформульовано **наукову гіпотезу**: підвищення фізико-механічних та експлуатаційних властивостей композитів на основі вторинних поліолефінів та дисперсних рослинних целюлозовмісних відходів, що можливе внаслідок утворення фізико-хімічних зв'язків на поверхні поділу фаз розплаву полімеру та твердих частинок рослинних наповнювачів за кислотно-основним механізмом, шляхом взаємодій між функціональними активними групами та кислотно-основними центрами адсорбції.

**У другому розділі** надана характеристика об'єктів і методів дослідження.

Об'єктами дослідження стали: термопластичні полімерні матриці, а саме вторинний поліпропілен (ВПП) і вторинний поліетилен (ВПЕ) та рослинні дисперсні наповнювачі, а саме деревне борошно, борошно хвої (подрібнена хвоя, сосни і ялини, а також їх дрібні гілки діаметром 5-6 мм), подрібнене лушпиння гречки та вівса (технологічний відхід переробки круп).

Підготовка і проведення досліджень здійснювалась на основі математичного планування експерименту, достовірність якого підтверджувалася статистичною обробкою методом найменших квадратів з використанням комп'ютерного програмного забезпечення. Фізико-хімічні, кислотно-основні, структурно-технологічні, фізико-механічні, технологічні та експлуатаційні властивості вторинних поліолефінів і рослинних дисперсних наповнювачів та композитів на їх основі досліджувались за відомими методиками (згідно ДСТУ або ISO).

**Третій розділ** присвячений дослідженню фізико-хімічних, структурно-реологічних та кислотно-основних поверхневих властивостей рослинних дисперсних наповнювачів та вторинних поліолефінів.

З метою встановлення впливу природи наповнювачів на характеристики будівельних композитів на основі вторинних поліолефінів, необхідні дослідження їх хімічного складу (табл. 1), фізико-хімічних та поверхневих властивостей.

З'ясовано, що для усіх досліджуваних наповнювачів основними хімічними компонентами є два види органічних речовин: целюлоза та лігнін. Складні молекули цих речовин містять велику кількість різноманітних функціональних груп, які при виході на поверхню можуть створювати широкий спектр активних центрів з різною функцією кислотності. З метою встановлення природи поверхневих центрів проведені дослідження ІЧ – спектрів наповнювачів.

## Хімічний склад наповнювачів, мас.%

Наповнювач	Целюлоза	Лігнін	Білки	Ліпіди	Крохмаль	Зольність
Гречане лушпиння (ГЛ)	29–39	30–35	1–5	1–5	1–2	4–5
Вівсяне лушпиння (ВЛ)	45–50	17–20	4–7	0,5–2	–	3–4
Деревне борошно (ДБ)	65–70	22–28	–	–	–	0,2–2
Борошно хвої (БХ)	44–52	27–30	1–5	4–5	–	0,2–1,5

Дослідження показало широкий спектр смуг поглинання які відповідають коливанням O–H, C=O, C–O, –CH і –CH<sub>2</sub> груп. До відмінностей вівсяного та гречаного лушпиння з приводу хімічного складу в порівнянні з деревинним та хвойним борошном можна віднести наявність широкої смуги скелетних коливань ароматичних кілець в області 1614-1570 см<sup>-1</sup>, які, зумовлюють підвищення термічної стійкості цих наповнювачів.

З результатів морфологічних досліджень, (рис. 1) видно, що ВЛ, ДБ та БХ мають голчасту структуру, а ГЛ характеризується пластинчастою структурою частинок.

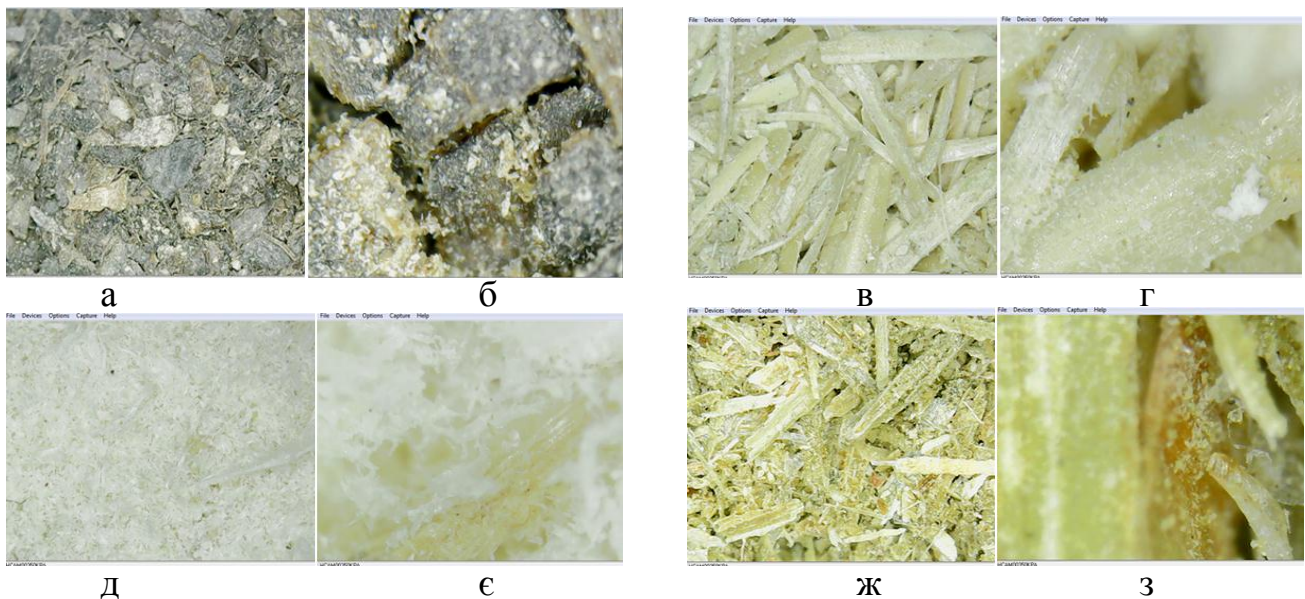


Рис. 1. Мікрофотографії частинок: а, б – ГЛ; в, г – ВЛ; д, е – ДБ; ж, з – БХ з наближенням 100 % - а, в, д, ж і 500 % - б, г, е, з

Частинки усіх наповнювачів, окрім ДБ, вкриті смоляними або маслянистими речовинами, про що свідчить помітний блиск на мікрофотографіях з великим наближенням (500 %), та може підтверджуватися даними у табл. 1, відсутністю ліпідів у складі ДБ. Нерівномірність розподілу частинок за розмірами може призводити до нещільної упаковки, і як наслідок, до зменшення насипної густини і густини після ущільнення та збільшення об'єму порожот у дисперсному матеріалі. Це припущення підтверджується даними структурно-технологічних характеристик, представлених у табл. 2.



Структурно-технологічні характеристики дисперсних рослинних наповнювачів

Наповнювач	Насипна густина $\rho_{\text{нас}}$ , г/см <sup>3</sup>	Густина після ущільнення $\rho_{\text{у}}$ , г/см <sup>3</sup>	Коефіцієнт упаковки К	Об'єм пористості $V_0$ , %	Ущільненість $\phi$	Індекс тертя І	Питома поверхня $S_{\text{пит}}$ , м <sup>2</sup> /г
ГЛ	0,49	0,67	0,73	27	0,27	1,37	0,68
ВЛ	0,27	0,48	0,55	45	0,44	1,8	0,75
ДБ	0,17	0,21	0,80	20	0,20	1,25	1,20
БХ	0,20	0,32	0,63	37	0,37	1,586	0,92

З даних табл. 2 видно, що найбільша насипна густина упаковки та густина упаковки після ущільнення спостерігалися у лушпиння гречки (0,49 г/см<sup>3</sup> та 0,67 г/см<sup>3</sup> відповідно), при цьому найменші показники характерні для деревного борошна. Аналогічна тенденція характерна для такого показника, як питома поверхня (0,68 м<sup>2</sup>/г для ГЛ та 1,2 м<sup>2</sup>/г для ДБ). За величиною ущільненості  $\phi$  встановлено, що деревне борошно та гречане лушпиння мають задовільну та посередню сипучість, а вівсяне лушпиння та борошно хвої мають погану сипучість. Вимірні значення питомої поверхні виявились найбільшими у частинок ДБ (1,2 м<sup>2</sup>/г) та БХ (0,92 м<sup>2</sup>/г). Це може свідчити про велику кількість як поверхневих пор, отворів та каверн (рис.1), так і центрів адсорбції, якими можуть бути у тому числі кислотно-основні функціональні групи органічних молекул, що виходять на поверхню. Взаємодія функціоналів призводить до підвищеної здатності частинок до агломерації та зменшення значень  $\rho_{\text{нас}}$  та  $\rho_{\text{у}}$ .

Целюлоза і лігнін є горючими речовинами, що є суттєвим недоліком для використання наповнювачів рослинного походження для виготовлення полімерних будівельних композитів. За даними табл. 1 сумарний вміст целюлози і лігніну у досліджуваних наповнювачах зменшується у ряду:

ДБ (87–98 %) > БХ (71–82 %) > ГЛ (59–74 %) > ВЛ (62–70 %)

Цей ряд збігається з результатами представлених досліджень процесів термоокислювальної деструкції. Встановлено, що помітна термоокислювальна деструкція ГЛ починається при температурі близько  $T \geq 220$  °С, ВЛ при  $T \geq 200$  °С, а ДБ і БХ при  $T \geq 160$ – $170$  °С. Отже, частинки ГЛ мають більшу стійкість до термоокислювальної деструкції ніж ВЛ, БХ та ДБ. Це пов'язано не тільки зі зниженим сумарним вмістом целюлози та лігніну, а й з порівняно більшою кількістю неорганічних складових (зольність 4–5 %) та наявністю у складі ГЛ термостійкого і важкогорючого крохмалю (1–2 %).

Дослідження кислотно-основних властивостей поверхні рослинних наповнювачів за способом А. П. Нечипоренко показали, що на поверхні ГЛ існують два типи активних центрів: слабо-кислотні ( $pK_a \approx 5,53$ – $5,83$ ) і практично нейтральні ( $pK_a \approx 6,16$ – $6,30$ ). Поверхня ВЛ має характер близький до нейтрального з кислотною силою активних центрів  $pK_a \approx 6,15$ – $6,32$ . Поверхні ДБ та БХ мають загальний слабо-кислотний характер з центрами  $pK_a \approx 5,29$ – $5,52$  та  $pK_a \approx 5,02$ – $5,36$  відповідно (рис. 2). Загалом інтегральна кислотність поверхні наповнювачів зменшується у ряду:

БХ>ДБ>ГЛ>ВЛ. Встановлено, що при збільшенні суми основних компонентів целюлози і лігніну, поверхнева кислотність частинок наповнювачів зростає. Виключенням є більша кислотність поверхні БХ ніж у ДБ при меншому сумарному вмісті целюлози та лігніну. Більший кислотний характер суспензії БХ можна пояснити наявністю у складі ефірних масел.

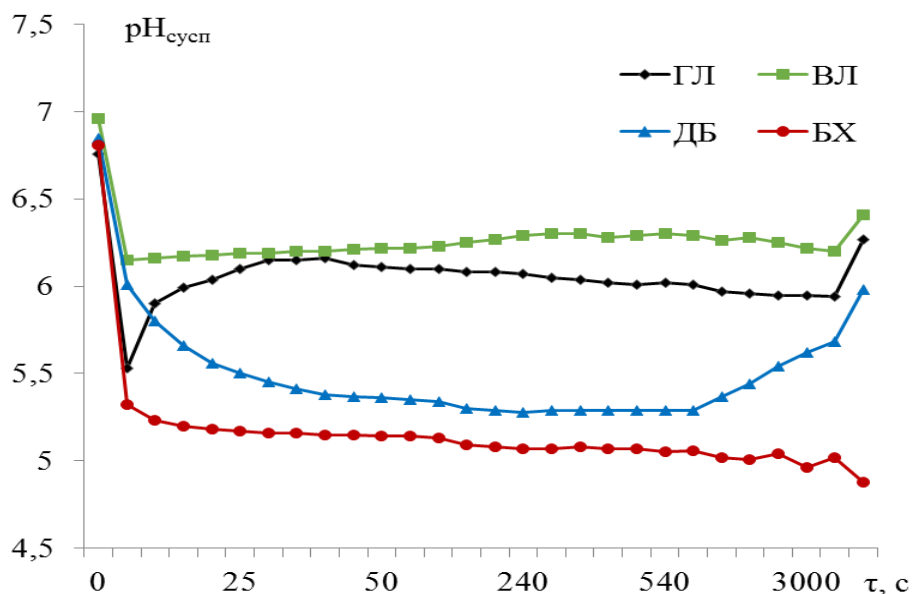


Рис. 2. Залежності зміни  $pH_{\text{сусп}}$  водних суспензій від тривалості контакту наповнювачів з водою

При дослідженні вторинних поліолефінів (ВПЕ, ВПП) експериментально встановлено, що за показниками плинності розплаву, водопоглинання, ударної в'язкості, міцності при вигині і щільності, вони не відрізняються більше ніж на 5-10 % від первинними (ПЕНТ, ПП).

За результатами досліджень в водних суспензіях ВПП і ВПЕ представленими на рис. 3 видно, що поверхня ВПП характеризується більшою кислотністю ніж ВПЕ.

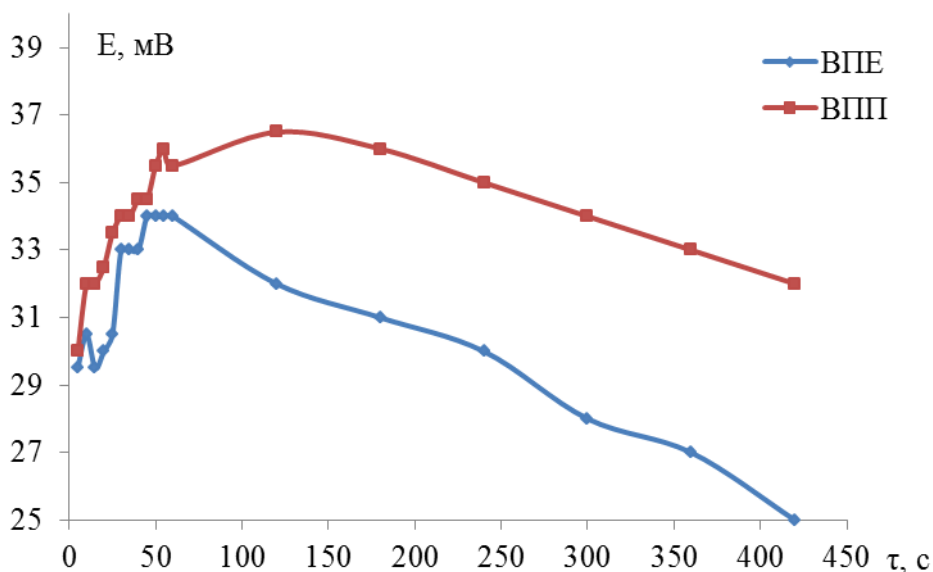


Рис. 3. Залежності  $E$ - $\tau$  у водних суспензіях ВПЕ і ВПП

При цьому видно, що кислотні властивості поверхні вторинних полімерів у воді виражені достатньо слабо, тому з метою підсилення чутливості методу у якості органічного розчинника обрано диметилформаїд (ДМФА) який характеризується більш лужними властивостями ніж вода.

З наведених інтегральних і диференційних кривих потенціометричного титрування неводних суспензій методом Паркса – Бобиренка (рис. 4) видно, що криві титрування мають виражені екстремуми.

Перший скачок пов'язаний з кінцевою точкою титрування найбільш кислих активних центрів (наприклад груп R-COОН), а другий характеризує відтитровані слабокислотні активні поверхневі центри (наприклад груп R-OH), при цьому об'єми доданого титранта вказують на більшу кислотність поверхні ВПП порівняно з ВПЕ.

Результати ідентифікації функціональних груп на поверхні вторинних полімерів методом ІЧ-спектроскопії підтверджують проведені потенціометричні дослідження. Більшу кислотність ВПП в порівнянні з ВПЕ зумовлює присутність у складі ВПП функціональних груп кислотного характеру (табл. 3).

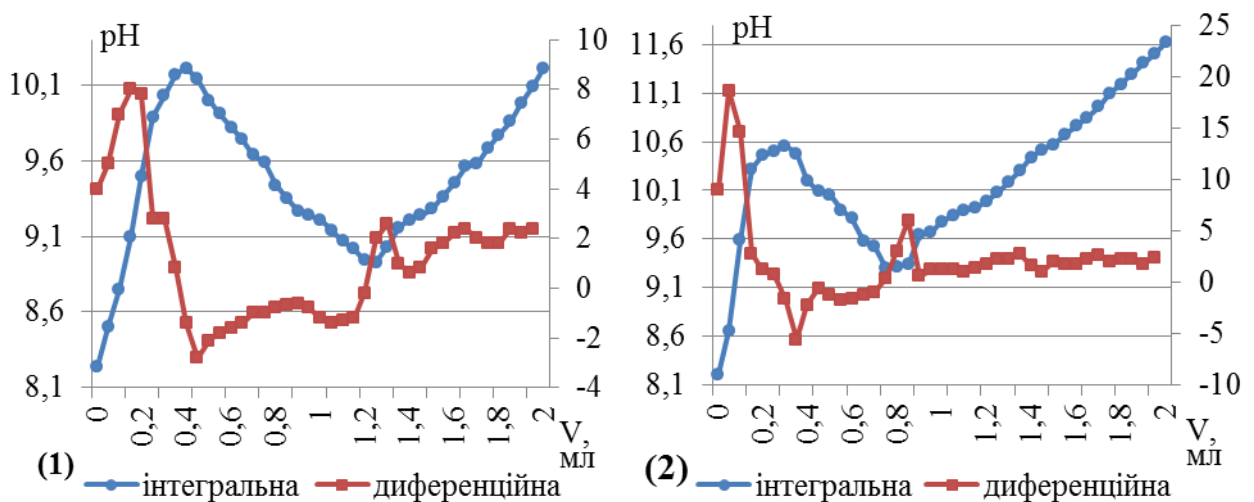


Рис.4. Інтегральна і диференційна криві потенціометричного титрування неводних суспензій 0,1М розчином NaOH (ВПП (1) та ВПЕ (2))

Таблиця 3

Результати ідентифікації поверхневих центрів вторинних полімерів методом ІЧС

№ Полімерна основа	$\gamma$ , $\text{cm}^{-1}$	Групи
ВПП	850 1450 1717,2; 1648,8 1716,5 1250; 1150; 1100 2900-2950	RR'C=CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -COONa, -COOHs (карбоксылна) -CHO (альдегід), -C-O-C- (простий етер) -CH <sub>2</sub> -
ВПЕ	2900-2950 1450 850	-CH <sub>2</sub> - -CH <sub>2</sub> RR'C=CH <sub>2</sub>



Фізико-хімічними методами дослідження (ІЧ-спектроскопія, потенціометрія) показано, що хімічна природа функціональних груп на поверхні вторинних полімерів впливає на кислотно-основні властивості поверхні ВПЕ і ВПП.

Оптимальні склади композитів з покращеними властивостями можна отримувати при поєднанні наповнювачів з слабо-кислотним характером поверхні та вторинного полімеру з нейтральною характеристикою, а також при додаванні наповнювача з нейтральною поверхнею до полімеру з кислотним характером поверхні.

У **четвертому розділі** досліджено вплив рослинних наповнювачів на фізико-механічні, технологічні та експлуатаційні властивості наповнених поліолефінових композитів. Для оцінки було розроблено та досліджено такі композити: в якості полімерного зв'язуючого використовувався ВПП; в якості рослинних наповнювачів: деревне борошно (ДБ), борошно хвої (БХ), гречане лушпиння (ГЛ), вівсяне лушпиння (ВЛ), з наступним співвідношенням полімер / наповнювач в мас. %: 60/40; 40/60; 20/80. Зразки композитів були виготовлені за двоетапним методом екструзії.

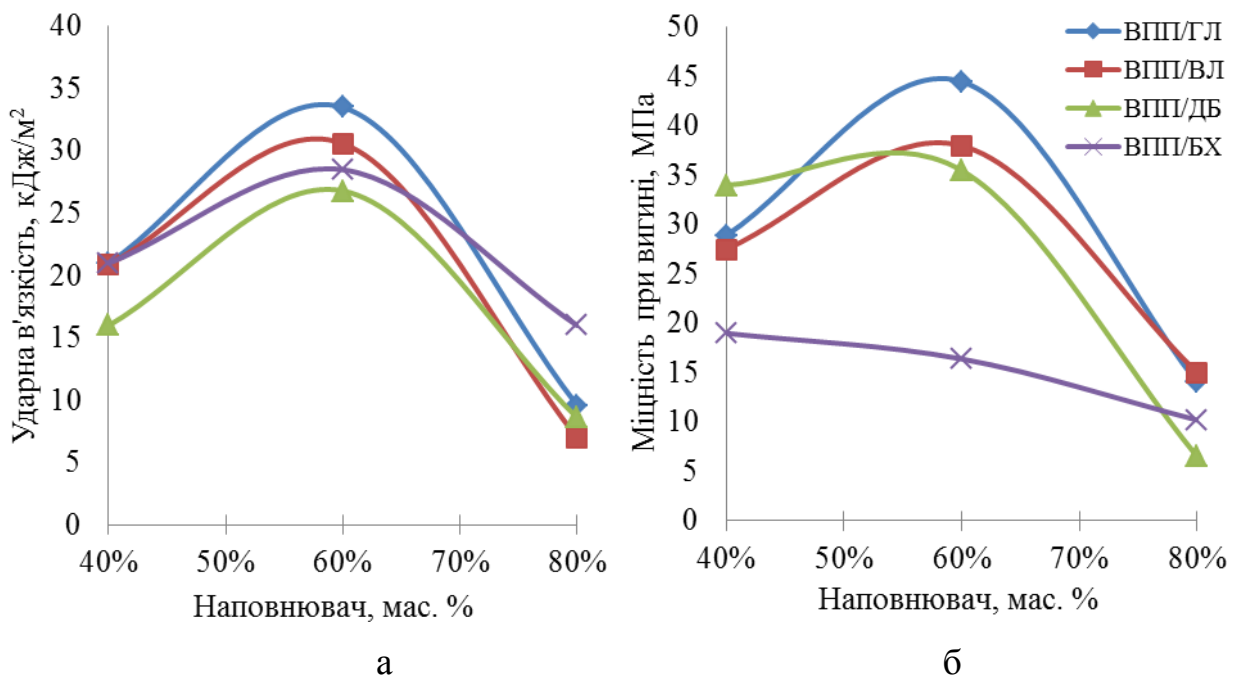


Рис. 5 Фізико-механічні показники наповнених композитів:  
а - ударна в'язкість, б - міцність при вигині.

Найкращими показниками ударної в'язкості та міцності при вигині (рис.5) характеризуються композити ВПП/ГЛ з вмістом подрібненого гречаного лушпиння 60%: ударної в'язкості - 34 кДж/м<sup>2</sup> і міцності при вигині - 45 МПа. Загалом, ударна в'язкість та міцність при вигині зразків наповненого ВПП з 60% рослинних наповнювачів зростають у ряду: ВПП/ДБ < ВПП/БХ < ВПП/ВЛ < ВПП/ГЛ.

За результатами випробувань водопоглинання наповнених композитів (рис. 6 а) встановлено, що введення ГЛ у композити на основі ВПП у кількості 40-80 мас. % незначно збільшує водопоглинання на 0,37 – 0,39 %. Введення інших досліджуваних видів рослинних наповнювачів у композити на основі ВПП у кількості 40-80 мас. %

збільшує водопоглинання на 1,5 – 2 %. Стійкість зразків наповненого ВПП до водопоглинання зростає у ряду: ВПП/ДБ < ВПП/БХ < ВПП/ВЛ < ВПП/ГЛ.

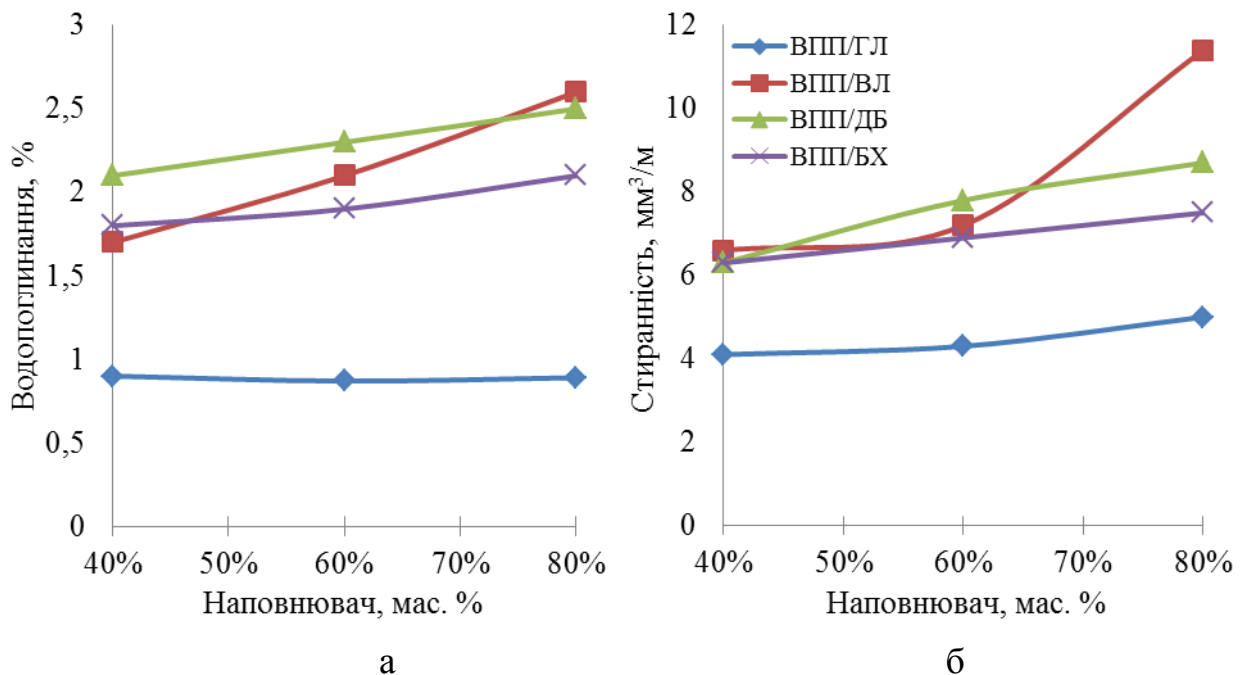


Рис. 6 Характеристики наповнених композитів на основі ВПП:  
а - водопоглинання, б - стиранність

З'ясовано, що в цілому для всіх зразків композитів, при збільшенні концентрації наповнювачів зменшується стійкість композитів до механічних навантажень, виключенням є композит, наповнений ГЛ при додаванні якого у ВПП значення стираності композитів зменшуються. Здатність протистояти механічній стираності зразків наповненого ВПП зростає у ряду:

ВПП/ДБ < ВПП/ВЛ < ВПП/БХ < ВПП/ГЛ.

Знайдені в результаті експериментів закономірності корелюють з вище отриманими. Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити висновок, що для одержання композитів з найкращими фізико-механічними характеристиками необхідно добирати наповнювачі з невеликими величинами питомої поверхні та поверхневої концентрації функціональних груп. При цьому кращі властивості досягаються при поєднанні наповнювачів з слабко-кислотним характером поверхні та вторинного полімеру з нейтральною характеристикою (ВПП/ГЛ), а також при додаванні наповнювача з нейтральною поверхнею до полімеру з кислотним характером поверхні (ВПП/ВЛ). Це забезпечує утворення більш рівномірної структури наповненого композиту з меншими внутрішніми напруженнями.

Результати дослідження впливу вмісту дисперсних рослинних наповнювачів на показник плинності розплаву (ППР) отриманих композитів показали, що додавання рослинних наповнювачів у ВПП призводить до зниження показника ППР композитів, що пов'язано з підвищенням густини розплаву. Визначено області підвищення в'язкості розплаву композитів та з'ясовано можливість переробки розроблених композитів на стандартному технологічному обладнанні методом екструзії та пресування. Встановлено, що при введенні 40-80 мас. % рослинних

наповнювачів температура плавлення композитів зсувається в бік більш високих температур практично для всіх зразків (10 - 20°C). Це пов'язане зі збільшенням вмісту неплавких, міцних і твердих частинок наповнювачів в композитах. Отримані дані дозволили підібрати технологічні параметри температурних режимів під час переробки композитів методом екструзії.

Узагальнюючи результати дослідження фізико-механічних, експлуатаційних та технологічних властивостей зроблено попередній висновок про оптимальність вмісту рослинного наповнювача в композиті на рівні 60 мас.%. Аналізуючи отримані дані можна стверджувати наступне: доведено, що рослинні відходи, а саме, ГЛ та ВЛ можуть ефективно використовуватись в якості наповнювачів для композитів на основі вторинних поліолефінів і замінити традиційні деревні наповнювачі – ДБ та БХ. При цьому можна отримувати композити з покращеними фізико-механічними характеристиками.

Досліджено вплив фракційного складу обраних наповнювачів ГЛ та ВЛ на фізико-механічні характеристики наповнених композитів (табл.4). Композити виготовляли у оптимальному співвідношенні 40 мас. % полімерного зв'язуючого та 60 мас. % рослинного наповнювача.

Таблиця 4

Вплив фракційного складу рослинних наповнювачів на властивості композитів

Вторинний поліолефін	Наповнювач	Показник	Фракція 500 мкм	Полі фракція	Фракція 160 мкм
ВПЕ	ГЛ	Ударна в'язкість, кДж/м <sup>2</sup>	13	41,5	35,5
		$\sigma_B$ , МПа	12,1	37,9	33,9
		Водопоглинання, %	1,9	0,6	0,5
	ВЛ	Ударна в'язкість, кДж/м <sup>2</sup>	34,9	36	20,4
		$\sigma_B$ , МПа	42	43	16
		Водопоглинання, %	0,9	2,1	2,9
ВПП	ГЛ	Ударна в'язкість, кДж/м <sup>2</sup>	9	30,2	30
		$\sigma_B$ , МПа	19,5	46	37,6
		Водопоглинання, %	2,1	0,6	0,6
	ВЛ	Ударна в'язкість, кДж/м <sup>2</sup>	36	41,9	30
		$\sigma_B$ , МПа	44	48	36,5
		Водопоглинання, %	0,9	1,3	1,1

Визначено, що кращі експлуатаційні показники мають композити з поліфракційним складом наповнювача. Це, пов'язано з максимальною упаковкою і більш якісним розподілом частинок наповнювача в полімерній матриці. Можна відмітити композити з фракцією 500 мкм з наповнювачем ВЛ, які показали високі міцносні характеристики, в порівнянні з наповнювачем ГЛ. Це може бути пов'язано



з тим, що частинки ВЛ мають голчасту дискретну структуру з довжиною до 5 мм і можуть виступати як армуючий елемент. Для досягнення синергічного ефекту були створені сумішеві композити ВПЕ/ГЛ/ВЛ та ВПП/ГЛ/ВЛ та досліджено їх експлуатаційні властивості.

На основі отриманих результатів виведено рівняння регресії та на їх основі побудовано поверхні відгуку (рис. 7), які адекватно описують вплив співвідношення кількості гречаного і вівсяного лушпиння в композиті ВПЕ/ГЛ і ВЛ та ВПП/ГЛ і ВЛ на:

– ударну в'язкість (а):

$$Y_{1\kappa}^a = 31.54 - 5.1 * X_1 - 7.65 * X_2 - 2.43 * X_1^2 - 5.58 * X_2^2 - 10.08 * X_1 * X_2;$$

– міцність при вигині (б):

$$Y_{2\sigma}^b = 32.31 - 4.67 * X_1 - 2.95 * X_2 - 1.63 * X_1^2 - 3.28 * X_2^2 - 7.6 * X_1 * X_2;$$

– водопоглинання (в):

$$Y_3^w = 1.14 + 0.18 * X_1 + 0.62 * X_2 - 0.08 * X_1^2 + 0.17 * X_2^2 + 0.13 * X_1 * X_2;$$

– ударну в'язкість (г):

$$Y_{12\kappa}^g = 31.75 - 7.17 * X_1 - 2.5 * X_2 - 6.1 * X_1^2 - 5.37 * X_2^2 - 10.33 * X_1 * X_2;$$

– міцність при вигині (д):

$$Y_{21\sigma}^d = 42.43 - 0.85 * X_1 - 4.53 * X_2 - 2.85 * X_1^2 - 6.3 * X_2^2 - 9.1 * X_1 * X_2;$$

– водопоглинання (ж):

$$Y_{31}^w = 0.97 + 0.05 * X_1 + 0.28 * X_2 - 0.05 * X_1^2 + 0.05 * X_2^2 + 0.13 * X_1 * X_2,$$

де  $X_1$  – вміст ГЛ;  $X_2$  – вміст ВЛ.

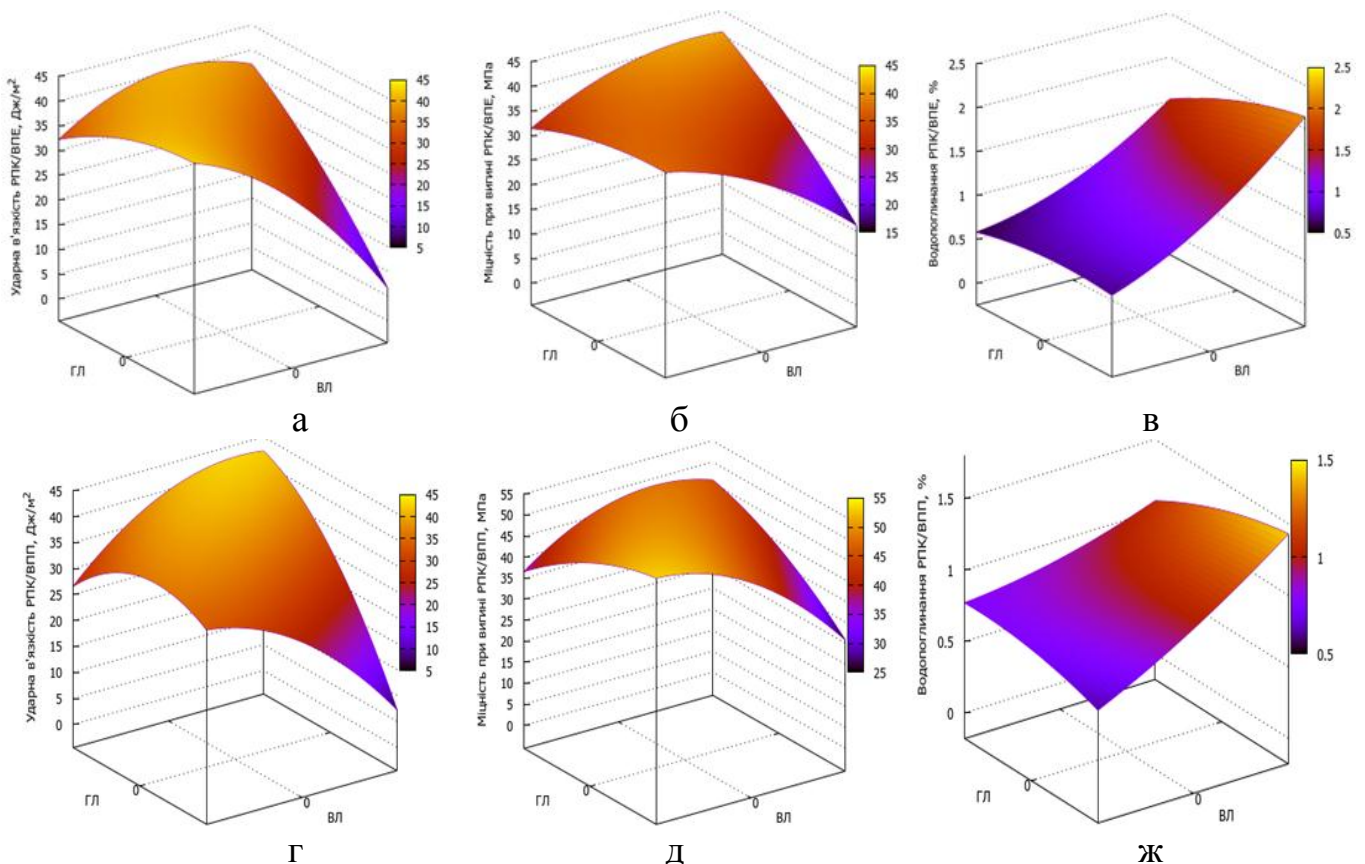


Рис. 7. Поверхні відгуку залежності ударної в'язкості - а, г; міцності при вигині - б, д; та показника водопоглинання - в, ж; від співвідношення компонентів у композиції ВПЕ/ГЛ/ВЛ; ВПП/ГЛ/ВЛ

Знайдені екстремуми на поверхнях відгуку та визначено ефективні склади рослинно-полімерних композитів (РПК) (табл. 5).

Таблиця 7

Ефективні склади РПК							
Композит	ВРЕ, мас.%	ВПП, мас.%	ГЛ, мас.%	ВЛ, мас.%	$a_k$ , кДж/м <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , МПа	w, %
РПК/ВРЕ/1	40	-	50	10	41,7	38,1	0,7
РПК/ВРЕ/2	40	-	40	20	40,5	40,1	1,1
РПК/ВПП/3	-	40	30	30	43,2	45,2	1,1
РПК/ВПП/4	-	40	40	20	41,1	52,2	1

Для композитів РПК/ВРЕ/2 і РПК/ВПП/4 досліджено вплив кліматичних чинників на їх експлуатаційні властивості. Встановлено, що розроблені рослинно-полімерні композити (РПК) не поступаються своїм промисловим аналогам ДПК за стійкістю до кліматичних чинників (підвищеної вологи та температури). Отже, враховуючи термін служби промислових ДПК аналогів можна стверджувати, що термін служби розроблених РПК/ВРЕ/2 становить не менше 20 років та для РПК/ВПП/4 – не менше 25 років.

У **п'ятому розділі** удосконалено технологічний процес виготовлення РПК на основі вторинних поліолефінів та гречаного і вівсяного лушпиння.

Удосконалена технологічна схема процесу виробництва профілів з РПК на основі вторинних поліолефінів і рослинних відходів (рис. 8).

Новим технологічним рішенням є подрібнення рослинних наповнювачів на млині дисмембраторної дії (5), та синхронізація стадії отримання стренг з стадією отримання РПК за рахунок використання кутової фільери (10), що дозволяє виключити стадію грануляції стренг та повторного їх розігріву, це заощаджує час і матеріальні затрати. Адаптовану технологічну схему та розроблено технологічну інструкцію процесу екструзії РПК та виробів на їх основі впроваджено на підприємстві аграрного типу ТОВ «ОРГАНІК ЕКО ПРОДУКТ» м. Харків. На основі РПК/ВПП/4 отримано дослідну та пробну партію промислових зразків настилів на підприємстві ТОВ ВФ «ПОЛІМЕР» м. Харків (рис. 9). Розроблено технічні умови «Вироби профільно-погонні з рослинно-полімерного композита (РПК)». Розроблені вироби на основі РПК/ВПП/4, знайшли застосування в якості настилів для облаштування містка для посадки у каяки на учбово-розважальній базі «СТК» (м. Лисичанськ) на підприємстві, ТОВ «АКВА-ТЕРМ СЕРВІС» (м. Сєверодонецьк). Економічний ефект від впровадження склав близько 32 грн. / м<sup>2</sup> настилу.

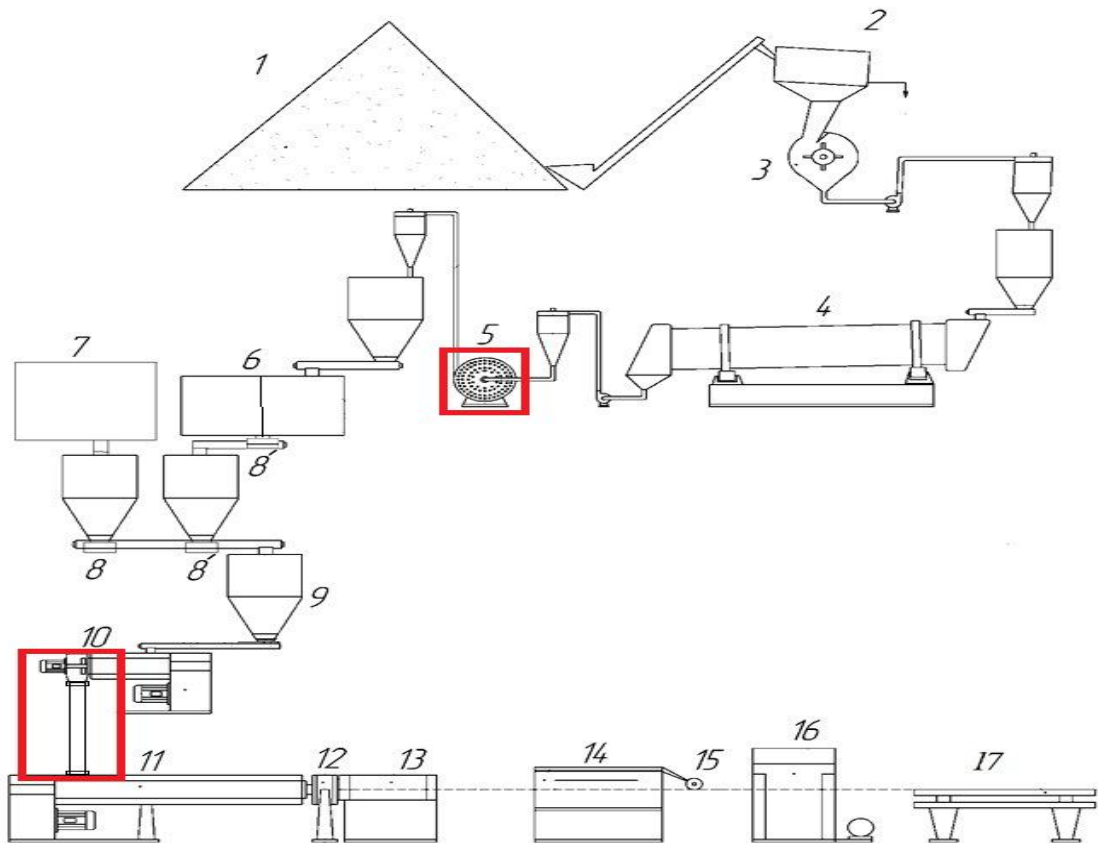


Рис. 8. Схема лінії двоетапного прямого процесу екструзії профільно - погонних виробів із РПК: 1 - склад лушпиння; 2 - барабаний відокремлювач великих і малих домішок оснащений магнітним сепаратором; 3 - молоткова дробарка; 4 - сушарка барабанного типу; 5 - дробарка дисмембраторного типу, 6 - бункер висушеного і подрібненого лушпиння; 7 - бункер вторинної полімерної сировини; 8, 8' – ваговий дозатор; 9 - бункери готової суміші, 10 - короткошнековий змішувач, 11 - екструдер, 12 - філь'єра; 13 - вакуум калібруючо-охолоджувальний пристрій; 14 - пристрій обдування стисненим повітрям; 15 - тягнучий пристрій; 16 - апарат для нанесення тиснення; 17 - шліфувальна машина і різальний пристрій.

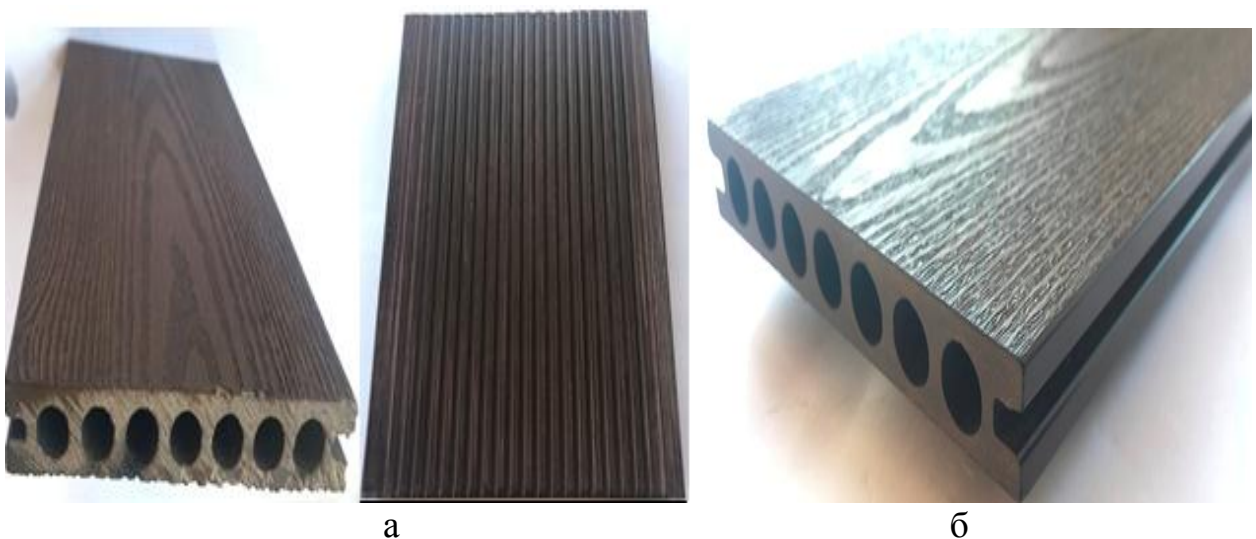


Рис. 9. Декінг із РПК/ВПП/4: а - дослідний зразок. б - промисловий зразок.



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведені у роботі теоретичні та експериментальні дослідження дозволили розробити нові ефективні склади наповнених рослинними відходами поліолефінові композити з підвищеними фізико-механічними характеристиками та створені на їх основі матеріали будівельного призначення стійкі до дії кліматичних факторів.

1. На підставі аналізу літературних джерел та результатів попередньо проведених випробувань, встановлено, що при використанні вторинної сировини, а саме, дисперсних рослинних відходів (гречаного і вівсяного лушпиння, деревного і борошна хвої) та вторинних поліолефінів (поліетилену і поліпропілену) можна одержувати будівельні композиційні матеріали з підвищеними фізико-механічними і експлуатаційними характеристиками, при цьому забезпечуючи високий екологічний та економічний ефекти.

2. Досліджені хімічний склад, морфологічні та структурно-технологічні властивості дисперсних рослинних відходів – гречаного лушпиння, вівсяного лушпиння, деревного борошна та борошна хвої. Знайдена кореляція між хімічним складом і фізико-хімічними характеристиками відходів. Показано, що сумарний вміст целюлози та лігніну може бути критерієм оцінки стійкості відходів до високих температур і встановлено, що при зменшенні вмісту целюлози та лігніну стійкість до високих температур підвищується.

3. Потенціометричним методом досліджені кислотно-основні властивості поверхні рослинних дисперсних відходів і встановлено, що на поверхні гречаного лушпиння переважають два типи активних центрів: слабо-кислотні ( $pK_a \approx 5,53-5,83$ ) і майже нейтральні ( $pK_a \approx 6,16-6,30$ ), поверхня вівсяного лушпиння має характер близький до нейтрального з кислотною силою активних центрів  $pK_a \approx 6,15-6,32$ , поверхні деревного та борошна хвої мають слабо-кислотний характер з центрами  $pK_a \approx 5,29-5,52$  та  $pK_a \approx 5,02-5,36$  відповідно. Також встановлено, що кислотність поверхні прямопропорційно залежить від сумарного вмісту целюлози і лігніну у складі відходів.

4. Потенціометричним методом, методом кислотно-основного титрування та ІЧ-спектроскопією досліджені кислотно-основні властивості поверхні частинок вторинних поліолефінів та встановлено, що поверхня частинок вторинного поліпропілену має більш кислотний характер (36,5 мВ) ніж поверхня вторинного поліетилену (34 мВ) і це зумовлено наявністю у складі вторинного поліпропілену функціональних груп кислотного характеру (карбоксильні, альдегідні, тощо).

5. На підставі результатів дослідження кислотно-основних поверхневих властивостей компонентів показано, що при формуванні структури і властивостей композитів взаємодії на межі поділу фаз можуть відбуватись за кислотно-основним механізмом. При цьому встановлено, що нові ефективні склади рослинно-полімерних композитів з підвищеними фізико-механічними характеристиками одержують при поєднанні наповнювачів зі слабо-кислотним характером поверхні (гречаного лушпиння) та полімеру з нейтральною характеристикою (вторинним поліетиленом), при додаванні наповнювача з нейтральною поверхнею (вівсяного борошна) до полімеру з кислотним характером поверхні (вторинного поліпропілену).

6. Встановлено, що при використанні комплексного наповнювача (гречаного і вівсяного лушпиння) та вторинних поліолефінів можна одержати ефективні склади композитів з підвищеними фізико-механічними і експлуатаційними характеристиками: ударною в'язкістю – 38-43 кДж/м<sup>2</sup>; міцністю при вигині – 40-53 МПа; водопоглинанням 0,7-1,0 %; стиранністю – 4,4 мм<sup>3</sup>/м. На новий склад композиту одержано патент України на корисну модель.

7. Ґрунтуючись на отриманих в ході дослідження результатах та враховуючи особливості рослинних відходів для створення нових рослинно-полімерних композитів, удосконалено та модернізовано технологічний процес виготовлення матеріалів будівельного призначення на їх основі. Розроблено технічну і технологічну документацію. Нові матеріали впроваджено у будівельну практику у якості настилу містка учбово-розважальної бази (м. Лисичанськ). Економічний ефект від впровадження складає 32 грн. / м<sup>2</sup> настилу. Встановлено, що потенційний строк їх експлуатації складає не менше 25 років.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Наукові праці, опубліковані у фахових виданнях та публікації у збірниках, що включені до міжнародних наукометричних баз:*

1. Карев А.И. Высоконаполненные экологически чистые ДПМ на основе древесных отходов и вторичного полипропилена / А.И. Карев, В.В. Лебедев, С.А. Чавров // *Східно - Європейський журнал передових технологій*, 2012. – Vol. 4, № 6 (58). – С. 65-67. *(Особистий внесок: розроблено зразки деревно-полімерних композитів та досліджено залежності показника ударної в'язкості від ступеня наповнення композитів)*

2. Карев А.И. Реологические исследования экологически чистых материалов на основе полимерных и органических отходов / А.И. Карев, В.В. Лебедев, С.А. Чавров // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*: збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ», 2012. – № 44 (950). – С. 148-152. *(Особистий внесок: досліджено реологічні характеристики деревно-полімерних композитів на основі відходів поліпропілену та органічних наповнювачів та підбрані оптимальні склади для переробки.)*

3. Карев А.И. Исследования влажности древесно-полимерных материалов на основе вторичных полимеров / А.И. Карев, В.В. Лебедев, С.А. Чавров // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*: збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ», 2012. – № 50 (956). – С. 77-79. *(Особистий внесок: досліджено вплив вологості на деревно-полімерні композити на основі відходів поліпропілену та органічних наповнювачів.)*

4. Research into surface properties of disperse fillers based on plant raw materials / Yu. Danchenko, A. Kariev, V. Andronov [other] // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2017. – 5/12 (89). – PP. 20-26. **(Scopus, Index Copernicus International. DOI:10.15587/1729-4061.2017.111350)** *(Особистий внесок: досліджено морфологічні і поверхневі властивості дисперсних наповнювачів на основі рослинної сировини. Потенціометричним методом вивчені якісні і кількісні характеристики кислотно-основних активних центрів на поверхні частинок наповнювачів.)*

5. Кислотно-основні властивості поверхні органічних наповнювачів для полімерних композитів / А.І. Карєв, Ю.М. Данченко, Д.Г. Яворська [та ін.] // *Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ»*: зб. наук. праць. – Харків: НТУ «ХПІ», 2017. – № 41 (1263). – С. 93-97. (Особистий внесок: проведено потенціометричні дослідження рослинних наповнювачів)

6. Створення екологічно безпечних матеріалів на основі вторинних поліолефінів та органічних дисперсних наповнювачів / А.І. Карєв, Ю.М. Данченко, В.В. Лебедев [та ін.] // *Інтегровані технології та енергозбереження*. – Харків: НТУ "ХПІ", 2017. – №4. – С. 94-97. (Особистий внесок: проведено літературний огляд створення деревно-полімерних композитів на основі термопластичних полімерів.)

7. Разработка технологии получения изделий строительного назначения из вторичных полиолефинов и агропромышленных отходов / А.И. Карев // *Інтегровані технології та енергозбереження*. – Харків: НТУ "ХПІ", 2018. – № 4. – С. 57-62.

8. A research of chemical Nature and surface Properties of plant Disperse fillers / Yu. Danchenko, A. Kariev, V. Andronov [other] // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2020. – № 1/6 (103). – PP. 32-41. (**Scopus, Index Copernicus International. DOI:10.15587/1729-4061.2017.111350**). (Особистий внесок: проведено дослідження методом потенціометричного титрування водних суспензій за способом Паркса – Бобиренка.)

#### **Праці апробаційного характеру:**

9. Карев А.И. Реологические свойства высоконаполненных композиций на основе вторичных термопластов и органических наполнителей / В.В. Лебедев, А.И. Карев, С.А. Чавров // *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я (MicroCAD–2012)* : наук. вид. : тези доп. 20-ї міжнар. наук.-практ. конф., [15-17 травня 2012 р.] : у 4 ч. Ч. 3 / ред. Л. Л. Тovaжнянський. – Харків: НТУ "ХПІ", 2012. – С. 18. (Особистий внесок: досліджено реологічні характеристики зразків на основі вторинного поліпропілену і органічних відходів та вплив кількості органічного наповнювача на величину ударної в'язкості.)

10. Карев А.И. Исследования реологических характеристик полимерных материалов на основе полимерных и органических отходов / В.В. Лебедев, А.И. Карев, С.А. Чавров // *Матеріали сьомої Всеукраїнської наукової конференції студентів, аспірантів і молодих учених з міжнародною участю, 11–14 березня 2013 р. м. Донецьк : "Хімічні проблеми сьогодення"*, 2013. – С. 138. (Особистий внесок: досліджено вплив кількості органічного наповнювача на реологічні характеристики у полімерних композитах на основі вторинних термопластів)

11. Карєв А.І. Дослідження органічних наповнювачів для отримання деревинно-полімерних композитів / А.І. Карєв, В. В. Лебедев, С. І. Завінський // *Матер. 13-ї Всеукраїнської конф. молодих вчених та студентів з актуальних питань сучасної хімії з міжнародною участю, 19-21 травня 2015 р.* – Дніпропетровськ : ПВД "Адверта", 2015. – С. 53. (Особистий внесок: підбір рослинних наповнювачів для полімерних композитів)

12. Карєв А.І. Розробка високонаповнених поліолефінових композицій для екологічно безпечних будівельних матеріалів / А.І. Карєв, Ю.М. Данченко // *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих учених*

"Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту" Харків 2016 р. – С. 399. *(Особистий внесок: створення композитів будівельного призначення з вторинних поліолефінів та дослідження їх фізико-механічних характеристик)*

13. Карєв А.І. Екологічно чисті целюлозовмістно-полімерні композити на основі вторинних полімерів та органічних відходів / А.І. Карєв, С. І. Завінський В. В. Лебедев, О.Г. Трошин // Матеріали дев'ятої Української наукової конференції студентів, аспірантів і молодих учених з міжнародною участю, 29–30 березня 2016р. м. Вінниця : "Хімічні проблеми сьогодення", 2016. – С. 235. *(Особистий внесок: обґрунтування застосування рослинних відходів для створення екологічно чистих композитів)*

14. Карєв А.І. Будівельні композитні полімерні матеріали з вторинної сировини / А.І. Карєв, Ю.М. Данченко // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції „Ефективні організаційно-технологічні рішення та енергозберігаючі технології в будівництві” (23-24 березня 2016р.) Харків. С.60-62. *(Особистий внесок: досліджено фізико-механічні властивості композитів будівельного призначення та визначено оптимальні співвідношення полімер-наповнювач.)*

15. Карєв А.І. Перспективи використання рослинних відходів у виробництві полімерних композитів / А.І. Карєв, Ю.М. Данченко // Матеріали IX Міжнародної науково-технічної Web-конференції «Композиційні матеріали». – Київ: НТУУ «КПІ» (20.03 – 15.05.2016 р.), 2016. – С. 81-82. *(Особистий внесок: визначено оптимальні склади рослинно-полімерних композитів з вторинного поліпропілену; встановлено доцільність використання наповнювачів недеревного походження)*

16. Карєв А.І. Вплив природи дисперсних органічних наповнювачів на фізико-механічні властивості композитів з вторинного поліпропілену / А.І. Карєв, Ю.М. Данченко // Матеріали II міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Ресурсозбереження та енергоефективність інженерної інфраструктури урбанізованих територій та промислових підприємств». – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова (2-27 лютого 2016 р.), 2016. – С. 104-107. *(Особистий внесок: досліджено хімічний склад та структурно-технологічні властивості рослинних наповнювачів та вплив їх природи на фізико-механічні властивості композитів на основі вторинного поліпропілену)*

17. Карєв А.І. Будівельні полімерні композиційні матеріали з вторинної сировини / А.І. Карєв, Г. В. Бабарікіна, Д. Г. Яворська // International research and practice conference «Modern methods, innovations, and experience of practical application in the field of technical sciences» Radom, Republic of Poland, 2017 (December 27-28), Radom Academy of Economic. С. 124-128. *(Особистий внесок: розробка композитів на основі вторинних поліолефінів наповнених відходами агропідприємств та дослідження їх міцносних показників)*

18. Карєв А.І. Ресурсозберігаючі технології при розробці екологічно безпечних полімерних композиційних матеріалів будівельного призначення / А.І. Карєв, Ю.М. Данченко, Д.Г. Яворська // Проблеми та перспективи формування національної гуманітарно-технічної еліти : зб. наук. пр. / ред. О. Г. Романовський. – Харків: НТУ "ХПІ", 2017. – Вип. 47 (51): матеріали міжнар. наук.-практ. конф.: "Духовно-моральнісні основи та відповідальність особистості у долі людської

цивілізації", 16 листопада 2016 р. – Т. 2. – С. 123-127. *(Особистий внесок: обґрунтовано актуальність використання відходів полімерних матеріалів при виробництві будівельних композитів.)*

19. Карєв А.І. Розробка екологічно безпечного целюлозовмісного полімерного композиційного матеріалу / А.І. Карєв, Ю.М. Данченко, Д.Г. Яворська // Тези доповідей міжнародної науково-технічної конференції «Технології та інфраструктура транспорту». Част. 2, Харків, 2018. – С. 103-104. *(Особистий внесок: розробка оптимального композиту з вторинної сировини та дослідження впливу виду наповнювача на його властивості.)*

20. Лебедев В.В. Дослідження кислотно-основних властивостей для полімерних композитів / В.В. Лебедев, А.І. Карєв, Ю.М. Данченко Д.Г. Яворська // Матеріали I Міжнародної (XI Української) наукової конференції для студентів та молодих вчених, 27–29 березня 2018 р. м. Вінниця: "Хімічні проблеми сьогодення", 2018. – С. 313. *(Особистий внесок: потенціометричним методом встановлено функціональні центри та їх природу на поверхні рослинних наповнювачів.)*

21. Перспективи використання відходів рослинного походження у композиційних матеріалах на основі поліолефінів / А.І. Карєв, Ю.М. Данченко, Т.М. Обіженко [та ін.] // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: збірник наукових статей XV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 9-13 вересня 2019 р.). – Харків: УКРНДІЕП. – ПП «Стиль-Іздат», 2019. – С. 139-143. *(Особистий внесок: проведено аналіз ефективності використання рослинних наповнювачів для деревно-полімерних композитів на основі термопластичних полімерів.)*

22. Данченко Ю.М. Фізико-механічні властивості композитів на основі вторинного поліпропілену та дисперсних рослинних відходів / Ю.М. Данченко, А.І. Карєв, О.С. Барабаш, Т.М. Обіженко // Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми надзвичайних ситуацій»: матеріали конференції (20 травня 2020 р.). Харків, 2020. – С. 285-287. *(Особистий внесок: встановлено залежність зміни фізико-механічних характеристик від типу рослинного наповнювача)*

23. Карєв А.І. Модернізація технології отримання рослинно-полімерних композитів / А.І. Карєв, О.С. Барабаш, А.В. Скрипинець // Матеріали міжнародного семінару «Моделювання та оптимізація будівельних композитів» (3-4 грудня 2020 р.). Одеса, 2020. – С. 72-74. *(Особистий внесок: модернізація технологічного процесу екструзії виробництва рослинно-полімерних композитів за рахунок нових технічних рішень.)*

24. Physic-Mechanical Properties of Composites Based on Secondary Polypropylene and Dispersed of Plant Waste / Yuliya Danchenko, A. Kariev, Vladimir Lebedev [other] // *Material Science Forum*, 2020. – Vol. 1006. – PP. 227-232. (**Scopus, Index Copernicus International. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.1006.227**)

*(Особистий внесок: розроблено композити з вторинного поліпропілену та рослинних наповнювачів; досліджено ударну в'язкість та міцність при вигині, водопоглинання та стиранність)*



**Наукові праці, що додатково відображають зміст дисертаційної роботи:**

25. Патент України на корисну модель № 128774 МПК C08L 97/02; C08L 23/12 Целюлозовмісний композиційний матеріал / А.І. Карєв, Ю.М. Данченко, В. В. Лебедев, Н.В. Саєнко, Р.О. Биков; власник ХНУБА. – № и 2018 03109; заявл. 26.03.2018, опублік. 10.10.2018, Бюл.№ 19. (Особистий внесок: патентний пошук, розробка складу.)

26. Карєв А.І. Властивості органічних наповнювачів деревно-полімерних композитів будівельного призначення / А.І. Карєв, Ю.М. Данченко, Д.Г. Яворська // *Науковий вісник будівництва*: зб. наук. праць. Харків: ХНУБА, 2016. – №4 (86). – С. 160-164. (Особистий внесок: досліджено органічні рослинні наповнювачі та обрано найбільш ефективні для створення деревно-полімерних композитів.)

### АНОТАЦІЯ

**Карєв А.І. Будівельні композити з вторинних поліолефінів і рослинних відходів з підвищеними експлуатаційними характеристиками.** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.05 «Будівельні матеріали та вироби». – Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків, 2021.

Дисертаційна робота присвячена розробці будівельних композитів на основі вторинних поліолефінів наповнених рослинних відходами з підвищеними експлуатаційними характеристиками, стійких до дії кліматичних факторів. Для досягнення цих властивостей запропоновано і обґрунтовано комплексне дослідження, що дозволило встановити закономірності впливу природи поверхні рослинних дисперсних наповнювачів на властивості наповнених композитів.

За результатами проведених досліджень рослинних наповнювачів (гречаного, вівсяного лушпиння, деревного та борошна хвої) та вторинних поліолефінів (поліетилену і поліпропілену) встановлено, що для одержання композитів з найкращими фізико-механічними характеристиками необхідно добирати наповнювачі з невеликими величинами питомої поверхні та поверхневої концентрації функціональних груп. При цьому кислотно-основна характеристика поверхні повинна бути ближче до нейтральної. Визначено, що композити з покращеними властивостями отримані при поєднанні наповнювачів з слабо-кислотним характером поверхні та вторинного полімеру з нейтральною характеристикою, а також при додаванні наповнювача з нейтральним характером поверхні до полімеру з кислотним.

**Ключові слова:** будівельні композити; вторинні поліолефіни, рослинні дисперсні наповнювачі, кислотно-основні властивості, екструзія.

### АННОТАЦИЯ

**Карєв А.И. Строительные композиты из вторичных полиолефинов и растительных отходов с повышенными эксплуатационными характеристиками.** - Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 «Строительные материалы и изделия». - Харьковский

национальный университет строительства и архитектуры, Харьков, 2021.

Диссертационная работа посвящена разработке строительных композитов на основе вторичных полиолефинов наполненных растительными отходами с повышенными эксплуатационными характеристиками, устойчивых к воздействию климатических факторов. Для достижения этих свойств предложено и обосновано комплексное исследование, которое позволило установить закономерности влияния природы поверхности растительных дисперсных наполнителей на свойства наполненных композитов.

По результатам проведенных исследований растительных наполнителей (гречневой и овсяной шелухи, а также древесной и хвойной муки) и вторичных полиолефинов (полиэтилена и полипропилена) установлено, что для получения композитов с лучшими физико-механическими характеристиками необходимо подбирать наполнители с небольшими величинами удельной поверхности и поверхностной концентрации функциональных групп. При этом кислотно-основная характеристика поверхности должна быть ближе к нейтральной. Определено, что композиты с улучшенными свойствами получены при сочетании наполнителей со слабо-кислотным характером поверхности и вторичного полимера с нейтральной характеристикой, а также при добавлении наполнителя с нейтральным характером поверхности к полимеру с кислотным.

**Ключевые слова:** строительные композиты; вторичные полиолефины, растительные дисперсные наполнители, кислотно-основные свойства, экструзия.

## SUMMARY

***Kariev Artem. Construction composites from secondary polyolefins and vegetable wastes with the increased operational characteristics.*** – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of technical sciences on a specialty 05.23.05 "Building materials and products". - Kharkiv National University of Construction and Architecture, Kharkiv, 2021.

The dissertation work is devoted to developers of building compositions on the basis of secondary polyolefins of the filled vegetable waste with the increased service characteristics of steady against action of climatic factors. To achieve these powers, a comprehensive study was proposed and substantiated, which allowed to establish the patterns of influence on the nature of plant disperse fillers on the properties of filled compositions.

The relevance of the research topic is substantiated in the work, the purpose and tasks of the research are formulated, the scientific novelty and practical significance of the obtained results are given.

An analysis of scientific publications and works devoted to the study of the state of physical and chemical aspects of the creation of building composites and products from secondary polyolefins and plant waste. Modern directions of use of secondary polyolefins and creation of building composites and products on their basis are resulted. The main disperse fillers for the production of wood-polymer composites based on secondary polyolefins are determined. The most effective ways to create building composites and products from secondary polyolefins and plant fillers with high performance are comprehensively considered.

The chemical composition of plant dispersed fillers was studied and it was found that for all studied fillers the main chemical components are two types of organic substances: cellulose and lignin. Morphological studies allowed to determine the structure of the particles and to investigate the surface of the fillers. According to the results of thermal oxidative degradation studies, it is shown that the total content of cellulose and lignin can be one of the criteria for assessing the resistance of fillers to high temperatures. According to the results of studies of plant fillers (GL, VL, DB, BH) and secondary polyolefins (VPE, VPP) it is established how the chemical composition depends on the structural-technological, physico-chemical and surface acid-base properties of plant dispersed fillers. Physico-chemical methods of research (IR spectroscopy, potentiometry) show that the chemical nature of the functional groups in the secondary polymers affects the acid-base properties of the surface of VPE and VPP.

The influence of the nature of plant dispersed fillers on the physical-mechanical, technological and operational properties of filled polyolefin composites has been studied. It is established that to obtain composites with the best physical and mechanical characteristics, it is necessary to select fillers with small values of specific surface area and surface concentration of functional groups. The acid-base characteristic of the surface should be closer to neutral, this ensures the formation of a more uniform structure of the filled composite with lower internal stresses. It was determined that the composites with high characteristics were obtained by combining fillers with a weakly acidic surface character (eg, buckwheat husk) and a secondary polymer with a neutral characteristic (eg, secondary polyethylene) VPE / GL, as well as by adding a filler with a neutral surface (eg oatmeal) to a polymer with an acidic surface character (eg secondary polypropylene) VPP / OHL.

The influence of the fractional composition of the introduced plant fillers in polyolefin thermoplastic matrices on the main strength characteristics of the obtained composites and on the water absorption index was studied. It is determined that when adding the poly fractional composition of plant fillers to secondary polyolefins, better strength performance is achieved in the developed composites in comparison with the introduction of the homo-fraction of fillers. This is due to the maximum packaging and better distribution of filler particles in the polymer matrix.

The regularities of the influence of the ratio of IDPs and GL and VL on the physical and mechanical characteristics and on the water absorption index of plant-polymer composites (RPK) are determined. For this purpose, a complete factorial experiment was used and the response surfaces were constructed.

On the basis of effective compositions of the developed composites the trial party of floorings for arrangement of a floor is received. Studies on the influence of atmospheric and climatic conditions of operation on the durability of the obtained building composites. The economic efficiency of the developed materials from implementation in construction is calculated.

The technological scheme of obtaining PKK by extrusion method has been developed and adapted for use as fillers, vegetable waste of non-wood origin due to the introduction of new technical solutions.

**Keywords:** building composites; secondary polyolefins, vegetable disperse fillers, acid-base properties, extrusion.

**КАРЄВ АРТЕМ ІГОРОВИЧ**

**БУДІВЕЛЬНІ КОМПОЗИТИ З ВТОРИННИХ ПОЛІОЛЕФІНІВ І  
РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ З ПІДВИЩЕНИМИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИМИ  
ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

**Автореферат**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Підписано до друку 29.03.2021 р.  
Формат 60x90 1/16 Умов. друк. арк. 0,9. Наклад 100 прим. Зам № 29-03/21  
Надруковано ФОП Секішова Т.Є.  
Свідоцтво про державну реєстрацію за № 2 480 000 0000 079758 від 21.05.2007 р.  
61072, м. Харків, вул. Тобольська, 42-а, 067-709-71-16  
u2-u2@ukr.net  
u2print.com.ua