



ОЛЬГА САБАДОШ

Юний винахідник

„Своєю діяльністю я намагаюся збудувати гідне майбутнє для себе і принести певні зміни у світ. Кожен із нас несе певне завдання, яке має допомагати людству. Моє кредо: „Будь частиною рішення, а не проблеми“. Я мрію знайомитися із наукою і робити щось корисне“.

Валентин Фречка

Нову технологію виготовлення паперу з опалого листя запропонував Валентин Фречка. Ця технологія допоможе вирішити низку проблем із вирубкою дерев і спаленням опалого листя.

Перший успіх Валентин здобув з науково-дослідницькою роботою „Інноваційна технологія виготовлення паперу з опалого листя“ у жовтні 2017 року на конкурсі молодіжних інноваційних технологій „Майбутнє України“. У лютому цей проект зацікавив журі конкурсу „Intel-Еко“, і чергова перемога відкрила перспективу представляти Україну на олімпіаді „GENIUS Olimpiad“ у США. Валентин переміг у Всеукраїнській учнівській олімпіаді з екології, у Міжнародній олімпіаді з екології „Golden Climate“ у Кенії, виборов „золото“ на Міжнародному фестивалі „I-FEST“ у Тунісі, „срібло“ у конкурсі „ICYS“ у Сербії. В Америці Валентин здобув „золото“ та спеціальний приз – поїздку на конкурс до Південної Кореї.

Згодиться сухе листя

Останнім часом у всьому світі приділяється багато уваги мінімізації вирубування лісів, які є головною сировиною для отримання целюлози, адже приблизно 90 % целюлози одержують з різних порід дерев. Для покращення екологічної ситуації в більшості країн світу для виготовлення паперу використовують не деревну целюлозу, а, наприклад, соломку. На початку XXI століття цей метод перевернув усю целюлозно-паперову промисловість, що було важливим фактором для поліпшення екологічності виготовлення паперу. Проте зростання попиту на паперову продукцію змушує розширювати сировинну базу для отримання целюлози.

Для більшості країн світу альтернативою деревині може бути побічний продукт сезонного циклу, падолисту – опале листя. Основною речовиною у складі опалого листя є целюлоза (приблизно 60–80 %), яку можна виділити і використати у вітчизняному виробництві як заміник деревної та бавовняної целюлози. Сьогодні опале листя майже не використовують, а найчастіше спалюють чи перетворюють на компост.

Упродовж літа листки посилено працюють, виробляють органічну речовину, а восени змінюють забарвлення і згодом опадають. Явище падолисту у рослин викликане скороченням тривалості світ-

КОЛИ
ЗА
ПАПІР
ДАЮТЬ
„ЗОЛОТО“





лового дня. Скидаючи листя, дерева готуються до зими, оскільки за низьких температур транспірація (випаровування води листками) та всмоктування води кореневою системою суттєво ускладнюється. Скидання листків з їхньою великою поверхнею випаровування має для рослини оздоровче значення. Крім того, наявність листя взимку викликало б зледеніння, накопичення снігу та льоду, маса яких обломлювала б гілки.

Восени у листі першим руйнується хлорофіл, а інші пігменти (антоціан, ксантофіл) зберігаються довше, тому листки набувають жовтого та багряного кольору. Отже, падоліст є явищем закономірним, фізіологічно ритмічним.

Падоліст має важливе біологічне значення для лісу. Опале листя – хороше органічне і згодом мінеральне добриво; воно стратифікує насіння, зберігає корені від промерзання, перешкоджає розвитку трав'янистого покриву.

Деревина, целюлоза, папір... А чи можливо виготовити його з опалого листя? Саме цю ідею ми втілювали протягом півтора року у шкільній лабораторії.

Делігніфікація

Листяна маса складається в основному з натуральних волокон целюлози (60–80 %), які мають лінійну структуру. Також до складу листя входить геміцелюлоза, структура якої розгалужена. Обидва ці складники потрібні для виготовлення паперу, міцності якому надає поєднання лінійних та розгалужених волокон. Саме співвідношення целюлози та геміцелюлози визначає якість паперу.

Целюлоза у листі рослин (і в деревині) зв'язана з лігніном та іншими сполуками. Разом з геміцелюлозою лігнін зумовлює міцність стовбурів і стебел рослин. Суть нашого методу полягала в отриманні хімічно чистої целюлози з домішками геміцелюлози у процесі делігніфікації¹. Виробництво целюлози без шкоди довкіллю неможливе без цієї технологічної операції.

У експерименті ми використали 1 кг сировини, зібраної на території лісу в околицях села Сокирниці. Щоб відокремити чисту целюлозу, ми скористалися механічними та хімічними методами обробки сировини. В лабораторії сухе листя подрібнювали за допомогою блендера до розмірів 15–20 мм і зберігали в ексікаторах із підтриманням постійної вологості. Для очищення целюлози від

сполук ми проварили листя у розчині лугу. Такий процес є менш енергозатратним порівняно з класичним методом сульфатного варіння.

До речі, натрій гідроксид, спирти та лігнін можна виділити з варильного розчину: спирти – дистиляцією, натрій гідроксид – випаровуванням, а лігнін вже залишиться у твердому залишку. Лігнін можна використовувати як сировину для виготовлення пластмас, твердого палива тощо.

Для визначення складу опалого листя (див. діаграму), перевірки чистоти целюлози та вибору оптимального технологічного режиму ми використали метод спектрофотометрії, який проводили на базі Пряшівського університету.

ДІАГРАМА
ХІМІЧНИЙ СКЛАД ОПАЛОГО ЛИСТЯ, %



¹Делігніфікація – очищення целюлози від лігніну.



Під час дослідження ми порівнювали хімічний склад опалого листя і стандартної деревної сировини, з якої виготовляють папір. Результати делігніфікування подано у таблицях 1 і 2:

ТАБЛИЦЯ 1

ВМІСТ ЛІГНІНУ ТА ЦЕЛЮЛОЗИ У ЛИСТЯНІЙ МАСІ

№	ЛИСТЯ	ВИХІДНИЙ ПРОДУКТ, Г (%)	ЛІГНІН, Г (%)	ЧИСТА ЦЕЛЮЛОЗА, Г
1	БЕРЕЗИ (<i>BETULA</i>)	824 (82,4)	23 (2,3)	801
2	В'ЯЗУ (<i>ULMUS</i>)	800 (80)	22 (2,2)	778
3	ДУБУ (<i>QUERCUS</i>)	961 (96,1)	31 (3,1)	930
4	КЛЕНУ (<i>ACER</i>)	790 (79)	27 (2,7)	763
5	БУКУ (<i>FAGUS</i>)	863 (86,3)	22 (2,2)	841
6	ВЕРБИ (<i>SALIX</i>)	500 (50)	15 (1,5)	485
7	ЛИПИ (<i>TILIA</i>)	840 (84)	29 (2,9)	811

ТАБЛИЦЯ 2

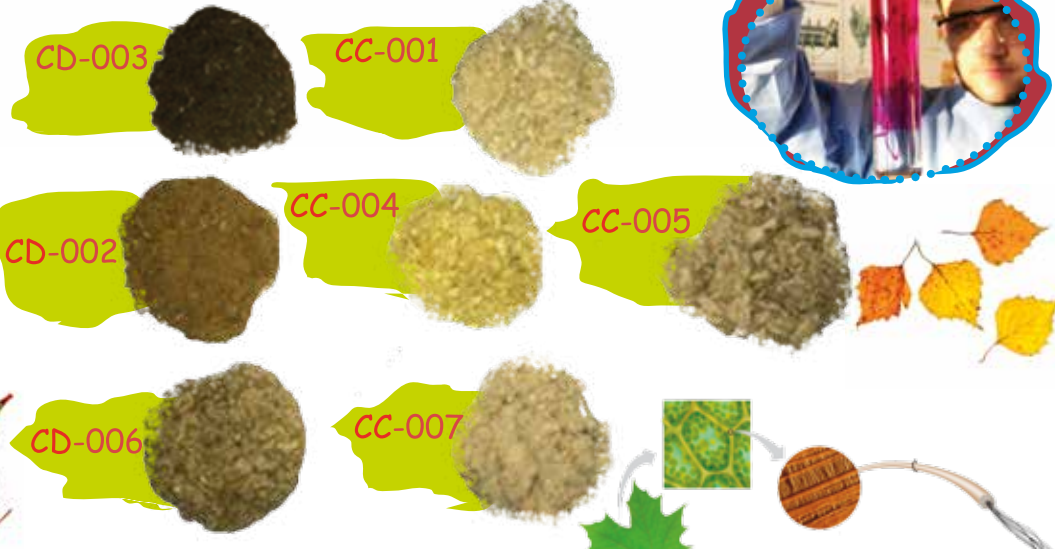
ВМІСТ ЛІГНІНУ ТА ЦЕЛЮЛОЗИ У ДЕРЕВИНІ

№	ДЕРЕВИНА	ВИХІДНИЙ ПРОДУКТ, Г	ЛІГНІН, Г	ЧИСТА ЦЕЛЮЛОЗА, Г
1	ХВОЙНА	986	28-30	956
2	ЛИСТЯНА	923	31-49	874

Результати дослідження нас порадували: 1) у більшості порід опале листя має досить великий вміст целюлози, так само, як деревина; 2) листя містить менше лігніну, ніж деревина. Отже, виготовити папір із листя можна з меншими затратами варильних реагентів і за меншої тривалості температурної обробки порівняно з аналогічним варінням деревини до досягнення однакового ступеня очищення.

Вибілювання целюлози

Вибілювання целюлози з опалого листя здійснювали без використання шкідливих хлоровмісних і сірковмісних сполук. Обробку целюлози ми проводили пероксидом водню (3%), NaOH (50%) протягом 2 хв за температури 80 °С.



CD - не очищена целюлоза
CC - очищена, вибілена

- 001 - береза
- 002 - в'яз
- 003 - дуб
- 004 - клен
- 005 - бук
- 006 - верба
- 007 - липа

Після вибілювання чисту целюлозну масу висушували і зважували. Варто відзначити, що до і після вибілювання целюлоза має приємний запах, добре горить і погано вбирає воду. Наступний етап – як з отриманої нами целюлози виготовити папір?





Технологічна схема переробки опалого листа

Для виготовлення лабораторних зразків паперу вибілену та невибілену целюлозу розмелювали і зберігали у герметичному посуді без доступу світла. З метою створення екопаперу не застосовували синтетичні хімічні сполуки і допоміжні пластифікатори.

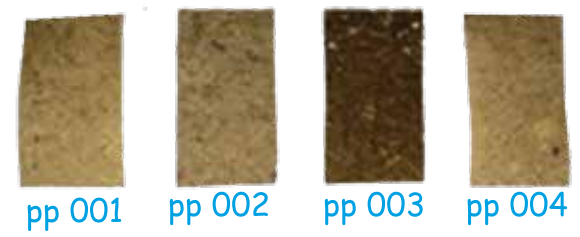


Спочатку ми готували пульпу для відливки паперової маси. Склад пульпи трьохкомпонентний: 4 000 мл води, 100 г крохмалю і 50 г целюлози. Крохмаль розводили у теплій воді із додаванням целюлози. Варто зазначити, що від кількості целюлози залежить товщина вихідного паперу і основні фізико-механічні показники (гнучкість, щільність, товщина, розривна довжина).

Ми застосували власну методику отримання паперу. Целюлозне сито поміщали у спеціальний підрамник для формування аркушу, у якому під час зціджування суміші осідали целюлозні волокна. Після цього цей комплекс ставили на пластмасову поверхню, вкриту льняною тканиною для вбирання зайвої вологи. Тут і осідала паперова маса. Висихання в середньому тривало 12 годин із повним затвердінням целюлозних волокон і крохмалю. Ми з'ясували, що без використання додаткових наповнювачів папір ламкий і легко рветься.

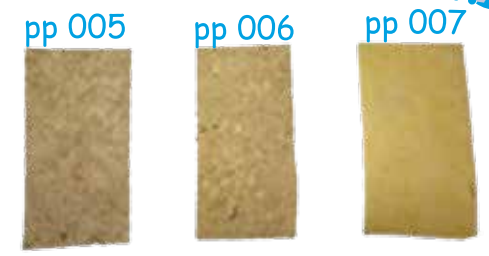
Щоб зберегти екологічність продукту, використовували альтернативу проклеювальним суспензіям, а саме: агар-агар і гідролізний желатин із додаванням каоліну.

Ось зразки паперової продукції, які ми отримали:



PP - готова паперова продукція

- 001 - береза
- 002 - в'яз
- 003 - дуб
- 004 - клен
- 005 - бук
- 006 - верба
- 007 - липа



Отриману продукцію можна використовувати для виготовлення обгорткового, пакувального паперу або картону, еко-пакетів. Запропонований нами метод отримання целюлози з опалого листа вирішує проблему масового вирубування дерев та спалення листяної маси.

Опале листя – доступна відновлювальна сировина, вона екологічна і має низьку собівартість. Усі побічні продукти можна використовувати як вторинну сировину. Аналіз отриманих результатів



Якісна реакція на целюлозу



Сито і рамка для формування аркуша паперу



Відливка паперу на основу

показав можливість заміни в композиції паперу дорогої сульфатної та сульфітної целюлози з деревини. Це дасть змогу частково вирішити проблему сировинної бази для целюлозно-паперової галузі України і виключити зі складу масових видів пакувального паперу дорожчу імпорتنу целюлозу.

Перспективи подальших досліджень полягають в розробці технологій одержання целюлози з опалого листя, придатних не тільки для виготовлення паперу, а й інших продуктів промисловості.



Фречка Валентин
і керівник проекту
Сабадощ Ольга Олексіївна,
вчитель хімії та біології
Сокирницької ЗОШ I–III ст.
Хустського району
Закарпатської області

