

УДК 633.521:631.358.001.73

К.Ю. Грицюк, В.В. Борзов, І.М. Дударєв
Луцький національний технічний університет

ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ПЕРЕРОБКИ ЛЬОНУ

У статті висвітлено питання використання відходів переробки льону та розглянуто екологічно чисті технології їх утилізації.

Ключові слова: льон, відходи переробки, технологія, використання відходів.

Постановка проблеми. Льон-довгунець – це сировинний матеріал не лише для текстильної промисловості, але і важлива сировина, що використовується в багатьох інших галузях промисловості: для композитів, що відповідають сучасним екологічним вимогам і використовуються в різних галузях; його деревина – сировина для меблевої промисловості; лігносульфонати льону – допоміжні матеріали для процесів шліхтування в текстильній промисловості та ізолюючий матеріал для могильників АЕС, лляна олія – сировина для фармацевтичної та харчової промисловості; відходи (костриця) – сировина для композиційних матеріалів автомобілебудування і будівельного комплексу. Аналіз світового досвіду використання продукції з льону свідчить, що важливим та актуальним завданням на сьогоднішній день є використання всього закладеного в рослині потенціалу із найменшими втратами волокна, насіння та відходів у вигляді полови і костриці.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На сьогоднішній день проводяться науково-дослідні роботи з розробки технологій використання відходів лляної промисловості. Отримання високоякісної продукції з відходів первинної переробки льону шляхом створення та дослідження нових методів та засобів її виробництва дозволить підвищити рентабельність цієї культури та забезпечить максимальне використання усіх складових її врожаю. Прогресивні технології дозволяють використовувати відходи виробництва льону у якості нетрадиційних джерел енергії, а також у якості сировини для текстильної, фармацевтичної і парфумерної галузей. Крім того, відходи переробки льону широко використовуються при виготовленні композитних, армуючих, нетканих та інших виробів.

Мета дослідження – висвітлення питання використання відходів переробки льону.

Результати дослідження. Відходи виробництва льону мають широкий спектр використання. З соломи льону одержують якісні ізоляційні панелі, вони легкі, мають низьку теплопровідність. Короткий луб переробляється недостатньо ефективно. В основному його використовують в будівництві як паклю [1, 2].

Перспективною є технологія виготовлення композиційних матеріалів з використанням луб'яних волокон. Використання лубу зумовлене його перевагами: висока міцність на розрив та пружність на згин порівняно з лляним волокном.

Костриця – використовується як паливо для котельних льонозаводів, а також у вигляді брикетів [3, 4]. Основними перевагами таких брикетів є те, що це екологічно чистий продукт, використання якого не впливає негативно на оточуюче середовище, залишок при спалюванні брикетів (зола) не перевищує 0,5...3% від загального об'єму, отримана зола може використовуватися в якості добрива (24% CaO; 4,85% P₂O і 6,3% K₂O), брикети зручні для використання, транспортування та зберігання. Середня теплотворна здатність брикетів з рослинних відходів 17...22 МДж/кг. Величина цього показника залежить від сировини, що використовується для виготовлення брикетів. Енергетичні показники різних видів палива [5-8], в тому числі і рослинної сировини, представлені у таблиці.

В значній мірі енергетичні показники брикету визначає його щільність, так при щільності брикетів 650...750 кг/м³ – їх теплотворна здатність 12...14 МДж/кг, а при 1200...1300 кг/м³ – теплотворна здатність 25...31 МДж/кг [7, 8]. Механічна міцність брикетів визначається вологістю сировини з якої він виготовлений. Оптимальне значення вологості сировини знаходиться в межах 4...10%.

Серед відходів первинної переробки льону-довгунця в якості сировини або компонентів для виготовлення брикетів може використовуватися костриця та плутанина. Паливні брикети також отримують шляхом пресування костриці в суміші з торф'яною крошкою. Технологія виробництва брикетів з рослинної сировини представлена на рисунку. Вміст волокнистих складових у костриці

2...5% від її кількості. Відділене з костриці волокно є додатковим джерелом волокнистої сировини. Це волокно може використовуватися для виробництва нетканих матеріалів.

Таблиця

Енергетичні показники різних видів палива

| Вид та теплотворна спроможність сировини, МДж/кг | | | | | | | |
|--|---------------------|--------------------|---------|-----------------|--------------------|-------|--------|
| Торф | Лісові породи дерев | Костриця (конопля) | Вугілля | Костриця (льон) | Лушпиння соняшника | Мазут | Дизель |
| 8,5 | 11,3 | 15,7 | 16,7 | 18 | 18...24 | 38,9 | 41,69 |



Рис. Технологія виготовлення брикетів з рослинної сировини

Після термохімічної та механічної обробки лляна костриця вирізняється екологічною чистотою, тому використовується як рослинний наповнювач будівельних матеріалів [9].

Фахівці вважають, що з 1 т костриці можна одержати один з наступних видів продукції: 0,5 т картону; 250 л етилового спирту; 80 кг оцтової кислоти; 8 кг метилового спирту; 5 кг ацетону.

З костриці льону виготовляють костроплити, які використовують в будівництві і для виготовлення меблів, також вона використовується для виготовлення звуко- і теплоізоляційних матеріалів [10, 11].

Також з костриці роблять декоративні прикраси, що використовуються при внутрішньому оздобленні житлових і службових приміщень. Плити з лляної костриці, як і деревостружкові плити, є одними з найбільш перспективних конструкційно-оздоблювальних матеріалів завдяки своїм перевагам у порівнянні з пиломатеріалами. Плити можна виготовити заданої товщини й формату. За показниками міцності та твердості вони наближаються і навіть перевершують аналогічні вироби з деревини хвойних порід. Крім того, плити з костриці мають однакову міцність у всіх напрямках плити. Їх можна виготовляти з необхідною об'ємною масою, міцністю, їм легко надається необхідна біостійкість та гідрофобність (водостійкість) та вогнестійкість [9]. Костроплити мають високі теплоізоляційні властивості. Зі зменшенням щільності костроплити зменшується її теплопровідність. Це пояснюється тим, що плити малої щільності містять закриті порожнини, які заповнені повітрям, при цьому вони не пропускають повітря. Оскільки повітря є поганим провідником тепла, то для теплоізоляції доцільно використовувати костроплити з щільністю 250...300 кг/м³, а для будівництва та в меблевій галузі з щільністю 400...600 кг/м³.

У ВНДПТІМЛ розроблена безвідходна технологія одержання екологічно чистого теплоізоляційного матеріалу на основі зв'язуючого з лляної костриці та місцевого органічного наповнювача – пшеничної соломи (соломолігноволоконіт) [12]. Соломолігноволоконіт має легкий запах деревини та високу провідність, піддається механічній обробці.

Перспективним є одержання з костриці багатовуглецевих пластиків, армованих плит, пресованих деталей ящиків, віконних коробок, санвузлів, меблів, деталей машин, художніх виробів тощо. Розроблено спосіб виготовлення твердих плит з костриці, що передбачає їх оброблення газоподібним аміаком.

У будівельній практиці застосовується матеріал термoporит. Він виготовляється з суміші костриці, цементу, гашеного і хлорного вапна, рідкого скла та води. Термoporит використовується як конструкційно-теплоізоляційний матеріал у сільськогосподарському будівництві [12].

Поширеним є виробництво плит типу ДСП, у внутрішні шари яких вводиться кора, а зовнішні складаються з відходів костриці льону. При співвідношенні маси зовнішніх і внутрішнього шарів 1:1 плити мають показники: густина – 800 кг/м^3 , межа міцності при статичному згині – 170 кгс/см^2 , межа міцності при розтягуванні перпендикулярно поверхні плити – $3,5 \text{ кгс/см}^2$.

Ефективним напрямом можливого використання костриці льону є виробництво композиційної фанери, зовнішні шари якої складаються з взаємно перпендикулярних шарів лушеного шпону, а внутрішнім наповненням є клейова композиція на основі костриці льону. Основну міцність даному матеріалу надають шари шпону, при цьому їх витрата на одиницю продукції істотно знижується. Чим більше товщина композиційної фанери і менша товщина шпону в зовнішніх шарах, тим менша собівартість матеріалу.

Відомі також нетрадиційні способи використання лляної костриці [13, 14], зокрема, у виробництві картону для виготовлення твердих обкладинок книг в поліграфічній промисловості. У цьому випадку одержують картон підвищеної поверхневої щільності. Дослідженнями, проведеними в лабораторії Каменської паперово-картонної фабрики (Тверська обл., Росія) встановлено, що при використанні в якості наповнювача лляної костриці, подрібненої до певних розмірів, поверхневу щільність картону можна знизити на 10%, не погіршуючи при цьому якість картону.

Існують дослідження, які вказують на те, що костриця може бути використана для виробництва кормових добавок, органічних та органо-мінеральних добрив, активованого вугілля, порошкової целюлози і мікрокристалічних целюлозних гелів [9, 15].

Для очищення повітря та води від шкідливих домішок в молекулярному стані традиційно використовується активоване (з високою пористістю) вугілля. Запропоновано в якості сировини для виготовлення адсорбенту використовувати лляну кострицю, як матеріал, що володіє високою пористістю й здатністю до вуглеутворення. У Росії розроблена технологія виробництва нафтового сорбенту та активованого вугілля з костриці льону. Ця технологія дозволяє більш повно використовувати льонопродукцію та суттєво поліпшити екологічну обстановку в районі льонозаводів за рахунок істотного скорочення неорганізованих відвалів костриці [16].

Крім того, кострицю використовують в якості спеціальних добавок в керамічні вироби для збільшення їх міцності і зниження питомої ваги [17].

Продукти переробки льону є хорошою сировиною для виготовлення нетканих матеріалів. Ці матеріали виробляються з малоцінних волокон або відходів. Діапазон їх використання – від меблів до геотекстилю для зміцнення насипів, схилів, берегів водоймищ шляхом створення трав'яних матів. Газонні мати з насінням трави можуть виготовлятися з відходів переробки льону, які після дефібрації й доведення до стану, що нагадує структуру бавовняної вати, пресуються у повсть завтовшки 4...5 мм. На підґрунтя з джутової тканини наносяться торф, добрива, насіння трав. Зверху все покривається повстю та зшивається. Готові мати розстилають в необхідному місці, закріплюють та поливають [18].

Також орієнтоване й сплутане коротке волокно, неткані матеріали, пряжа й тканини можуть використовуватися як армуючі складові композиційних полімерних матеріалів, які широко використовуються при виробництві звуко-, вібро- і теплоізоляції салонів автомобілів та літаків [19].

Льон може використовуватися у виробництві будматеріалів (наприклад, утеплювачів – альтернатива скловаті) [18]. Тканини, виготовлені з дешевих сортів льону, можуть слугувати каркасом для полімерних покрівельних і гідроізоляційних матеріалів. Льон додається в різні види бетонних конструкцій, що призначені для встановлення на відкритому повітрі. Це збільшує їхню жорсткість, протиударні властивості, продовжує строк служби при змінному навантаженні, згладжує наслідки стиску, збільшує залишкову міцність з появою тріщин [20].

З льону також роблять шпалери [21]. Розроблені технології виробництва екологічно чистих текстильних шпалер на основі льономістких тканин. Такі шпалери забезпечують високий рівень медико-біологічних характеристик повітряного середовища й комфортності приміщень за рахунок збереження температурно-вологісного режиму, зниження рівня шуму, алергійних реакцій, статичної електрики. Вони можуть застосовуватися в різних кліматичних умовах і вогких приміщеннях завдяки стійкості до ураження грибками. Волокнисті матеріали, введені до складу шпалер, перешкоджають поширенню пожежі, завдяки наявності спеціальних вогнестійких властивостей.

Розроблені технології механічного очищення лляної сировини низьких номерів, відходів лляного виробництва та надання лляному волокну спеціальних властивостей (антимікробних, вог-

незахисних), що дозволяють одержувати екологічно чисті матеріали на основі натуральних волокон для використання у виробках технічного призначення, які використовуються в машинобудіванні, будівництві та транспортній промисловості.

У Західній Європі значного використання льоноволокно набуло в автомобілебудівній промисловості. Продукція з короткостеблового льону використовується для створення сучасних моделей автомобілів (в основному вона використовується при виготовленні внутрішніх обшивок автомобілів) [9, 13].

Целюлоза одержана з льону має дуже високу якість завдяки подовженому волокну та використовується у виробництві цигаркового паперу, гігієнічних виробів і банкнот. Крім того, з неї методом хімічної обробки виготовляють спеціальний папір для писання, друку та копіювання. Сучасні технології дозволяють виробляти з целюлози (з льону) тонкий газетний папір.

Вихід біомаси льону дуже високий. Вміст целюлози у волокні льону може досягати 90%, тоді як в твердій і м'якої деревини – 50...54%. З одного гектара посівів луб'яних культур збирають у 8...10 разів більше целюлози, чим дає саме швидкоросле дерево в нашій кліматичній зоні – тополя [22].

Окрім целюлози льон містить лігнін та інші речовини, що застосовуються в хімічній промисловості. Наприклад, як замітник фенолформальдегідних смол в композитах, а також натурально-го полімеру, що використовується для ламінування.

Хімічний склад лляного волокна та костриці вказує на те, що найбільш перспективно переробляти в целюлозу коротке лляне волокно або коротке волокно олійних сортів льону. При цьому коротке волокно має містити не більше 2...3% костриці, оскільки костриця містить основну кількість супутників целюлози і важко піддається хімічній переробці.

Про гігієнічну цінність волокон луб'яних культур відомо давно. На даний час створені технологічні регламенти виробництва, випущені і успішно випробувані партії лляної і льонобавовняної вати, лляних хірургічних ниток, суто лляних тканин медичного призначення, нетканих полотен медичного і санітарно-гігієнічного призначення [13, 23-25]. Крім того, з матеріалів, що містять льон, розроблені тканини і трикотажні сітчасті полотна, які можуть бути використані як атравматичний шар пов'язок, що дозволяє здійснювати безболісні перев'язки і запобігати травматизації шкіри; як основа для мазевих пов'язок, структура сітки і товщина ниток яких дозволяють дозовано наносити мазі і проводити безболісні перев'язки; як основа пов'язок для гелів з біологічно активною дією (знеболюючим і антимікробним), для надання першої допомоги при опіках [26].

Висновки

Перспективні технології майбутнього відкривають нові напрями та можливості використання усіх складових врожаю льону, а також забезпечують перехід від використання штучних матеріалів до натуральних, що у свою чергу дуже позитивно впливає на екологічну ситуацію в країні.

1. Борисов Ю.И. Новые технологии в производстве материалов изо льна / Ю.И. Борисов // Технический текстиль. – 2003. – №6. [Електронний ресурс] – Режим доступу до журн.: <http://www.rustm.net>
2. Лубяное волокно – Helmax – Межвенцовый утеплитель [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://helmax.ru/Baza/Lub.htm>
3. Виробництво біопалива з відходів рослинного походження [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://juschin.com.ua/>
4. Наукове забезпечення розвитку ринку біоенергетики в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.biofuel.nas.gov.ua>
5. Примаков О.А. Стебло конопель як сировина для використання на енергетичні цілі / О.А. Примаков, Р.Н. Гілязетдінов, С.П. Коропченко // Актуальні питання розвитку галузей льонарства та коноплярства: Матеріали науково-технічної конференції молодих вчених (Глухів, 7 грудня 2006 р.). – Суми: ПП "Нота бене", 2007. – С. 70-73.
6. Брикетты из чистой костры льна без связующих компонентов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://waste.com.ua>
7. Производство топливных брикетов из растительных отходов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.bio-briquette.com>
8. Использование установки брикетирования УБО-2 для решения проблем утилизации растительных отходов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.evrobriquet.ru>

9. Чурсіна Л.А. Основы фундаментальных исследований комплексной переработки лубяных культур. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Л.А. Чурсіна, К.М. Клевцов, Є.О. Калінський. – Херсон: ВКФ “СТАР” ЛТД, 2009. – 172 с.
10. Угрюмов С.А. Костра льна, как сырье для производства композиционных материалов / С.А. Угрюмов, Е.А. Боровков, А.Е. Щербаков, Е.А. Абрамов, П.Ю. Даншин [Электронный ресурс]. – Режим доступа до журн.: <http://science-bsea.narod.ru>
11. Живетин В.В. XXI век – век льна / В.В. Живетин [Электронный ресурс]. – Режим доступа до журн.: <http://наука.relis.ru>
12. Колчина Л.М. Опыт освоения прогрессивных технологий и технических средств для уборки и первичной переработки льна-долгунца: Науч. аналит. обзор. / Л.М. Колчина, М.М. Ковалев. – М.: ФГНУ “Росинформагротех”, 2008. – 152 с.
13. Живетин В.В. Лен и его комплексное использование / В.В. Живетин, Л.Н. Гинзбург, О.М. Ольшанская. – М.: Информ-Знание, 2002. – 400 с.
14. Ильин А.А. Разработка технологии производства льняной целлюлозы “Инновации в производстве товаров нового поколения из льна: материалы международ. научно-практ. конф., 29 февраля 2005 г., г. Вологда”. – М.: Центр. НИИ комплекс. автоматизации легкой пром-ти, 2005. – 256 с. [Электронный ресурс] / А.А. Ильин, С.А. Кочаров, М.С. Беляева, С.И. Полухин – 2005. – Режим доступа: <http://www.booksite.ru>
15. Беляев Е.Ю. Получение и применение древесных активированных углей в экологических целях / Е.Ю. Беляев // Химия растительного сырья. – 2000. №2. – С. 5-15. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.chem.asu.ru>
16. Артемов А.В. Современные технологии очистки нефтяных загрязнений / А.В. Артемов // НефтьГазПромышленность. – 2008. – № 4 (9). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://csg.ru>
17. Гребенкин А.Н. Утилизация отходов первичной переработки лубоволокнистого сырья. “Пути повышения конкурентоспособности продукции из льна: материалы международ. научно-практ. конф., 3 марта 2004 г., г. Вологда”. – М.: Центр. НИИ комплекс. автоматизации легкой пром-ти, 2004. – 278 с. [Электронный ресурс] / А.Н. Гребенкин, А.А. Гребенкин, М.И. Бармин. – 2004. – Режим доступа: <http://www.booksite.ru>
18. Мокшина П. Льняной сектор России и перспективы его развития / П. Мокшина, Л. Валитова, Н. Карлова, Е. Серова, Т. Тихонова, О. Шик // Институт экономики переходного периода – Москва, 2006. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.iet.ru>
19. Ольшанская О.М. Методология обоснования процессов повышения конкурентоспособности продукции: На примере льняного комплекса России (ЛКР): Автореф. дисс. ... на соискание науч. ст. д-ра экон. наук: 08.00.05 / О.М. Ольшанская. – Ин-т микроэкономики М., 2003. – 45 с.
20. На смену пластмассе придет жидкая древесина // Журнал “Инновации. Технологии. Решения”. – 2009. – №2 (февраль). [Электронный ресурс]. – Режим доступа до журн.: <http://www.i-t-r.ru>
21. Козлов С.Н. Текстильные обои – это комфорт и гигиена среды обитания человека “Льняной комплекс России. Проблемы и перспективы: материалы международ. научно-практ. конф., 2 марта 2001 г., г. Вологда”. – М.: Центр. НИИ комплекс. автоматизации легкой пром-ти, 2001. – 253 с. [Электронный ресурс] / С.Н. Козлов, Л.Л. Смирнова, Н.А. Бондарева, Т.Н. Плахута, Е.В. Люзенкова, Л.Л. Максимова, В.А. Грищенкова. – 2001. – Режим доступа: <http://www.booksite.ru>
22. Батова Н.Н. Направления повышения конкурентоспособности льнопродукции / Н.Н. Батова // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – 2007. – №1. – С. 21-26.
23. Глубокая переработка льна – область критических технологий. [Электронный ресурс] // А.В. Артемов. – Режим доступа: <http://www.textileclub.ru>
24. Осипов Б.П. Новое медицинское перевязочное средство – комбинированные атравматичные сорбционно-компрессионные повязки “Пути повышения конкурентоспособности продукции из льна: материалы международ. научно-практ. конф., 3 марта 2004 г., г. Вологда”. – М.: Центр. НИИ комплекс. автоматизации легкой пром-ти, 2004. – 278 с. [Электронный ресурс] / Б.П. Осипов, С.В. Добыт, Л.Г. Шевелева. – 2004. – Режим доступа: <http://www.booksite.ru/>
25. Русский лен. Портал льняной промышленности [Электронный ресурс]. – Режим доступа до журн.: <http://www.russianflax.ru>
26. Ярчук Н. Лён, который лечит [Электронный ресурс]. – Режим доступа до журн.: <http://txt.www.mcx.ru/>