

УДК 677.11.021

## ПЕРСПЕКТИВИ КОМПЛЕКСНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

Горач О.О., к.т.н.

Тіхосова Г.А., к.т.н.

Чурсіна Л.А., д.т.н.

*Херсонський національний технічний університет*

**Анотація** – в статті наведено результати теоретичних досліджень з питання комплексного використання льону олійного. Показано існуючі світові інноваційні технології одержання, переробки волокна льону олійного та галузі його використання.

**Ключові слова** – льон олійний, солома, волокно, переробка, целюлоза, ефіри целюлози, пульпа, папір, целюлозовмісні матеріали, неткані матеріали, полімерні композиційні матеріали, армування, костроплити, костробрикети.

**Постановка проблеми.** Останнім часом питанням використання льону олійного приділяється велика увага в усьому світі, але ці дослідження спрямовані переважно на переробку насіння. Лише незначна кількість робіт присвячена переробці стебел соломи льону олійного на волокно. Слід також зауважити, що дослідження, які здійснювалися до цього часу, були спрямовані на обробку волокна, одержаного з льону олійного, за технологією переробки короткого волокна льону-довгунця. Крім того, під час вищезазначених досліджень волокно льону олійного одержували із соломи, тому воно було лубоподібним і мало придатним для подальшого використання в текстильній промисловості [1].

Науковцями минулого століття доведено, що в стеблах соломи льону олійного міститься коротке волокно, яке можливо застосовувати для одержання мішковини, грубих тканин, шпагату і клоччя. Але, як показують роботи зарубіжних науковців сфера застосування волокна льону олійного з кожним роком розширюється, що вказує на перспективність та доцільність його комплексного використання в умовах України [2, 3].

**Постановка завдання.** Тому актуальним завданням є проведення аналізу світових інноваційних технологій та існуючих напрямів комплексного використання льону олійного з метою їх перспективного впровадження в умовах України.

*Аналіз останніх досліджень.* Аналіз літературних джерел та проведені попередні дослідження з вивчення анатомічної будови дозволили встановити, що елементарні волокна льону олійного, внаслідок здійснюваного на них тиску, сильно прилягають одне до одного, і їх первісна округла форма переходить у п'яти- або шестикутну. Цю форму волокна мають на більшій частині стебла, за винятком прикореневої частини та верхівки. У льону олійного одерев'яніння серединних пластинок сильніше, ніж у льону-довгунця, що пов'язано зі збиранням цієї культури у фазі повної стиглості насіння. Крім того, було встановлено, що волокна в луб'яних жмутах льону олійного менш тісно прилягають один до одного, тобто більш елементаризовані ніж у льону-довгунця. Проведений аналіз штапельних діаграм свідчить, що основний діапазон довжин волокна, виділеного з трести льону олійного, знаходиться в межах 40-80 мм та має лінійну щільність 0,9-1,0 текс, що дозволяє використовувати його в промисловості для виробництва змішаної пряжі з бавовною та вовною, медичної вати, без попередньої котонізації [4].

Ці дані є важливими для прогнозування перспективних напрямів комплексного використання волокна льону олійного, не тільки у текстильній промисловості, а й у багатьох інших галузях промисловості, насамперед у целюлозопаперовій.

Відкритті останніми роками ефективні медико-біологічні властивості лляного насіння та олії, одержаної з нього різко стимулюють вирощування цієї культури, збільшення її використання у хлібопекарській, кондитерській, маргариновій промисловості [5].

Окрім жиру, олія льону містить білок, вуглеводи, органічні кислоти, вітамін А, ферменти. Тому її використовують при виникненні судинних захворювань, виразці шлунку й гастриті. З насіння льону одержують препарат лінетол, що використовуються для лікування опіків шкіри. Олію можна вживати в їжу.

Сфера застосування льону олійного розширюється – використовують його для виробництва продуктів дієтичного харчування, виготовлення косметичних препаратів, нових лікувальних засобів [6]. Багатий світовий досвід використання льону олійного показує, що питання комплексного використання культури в Україні є необхідним завданням сьогодення [7].

У результаті досліджень ряду науковців минулого століття доведено, що вихід волокна в олійному льоні змінюється від 10,5 до 16,6 % ваги всієї соломи. Якщо прийняти середній вихід волокна 12 %, а врожайність соломи 8,5 ц/га, то з одного гектару льону можливо отримати після обробки близько центнера волокна. Солома, яка містить до 50 % целюлози, служить сировиною для виробництва цигаркового паперу, картону. З відходів виробництва льняного волокна – костриці шляхом пресування можливо виготовлять плити,

що можуть бути використанні в якості будівельного матеріалу. Крім того, брикети із лляної костриці – добре паливо [2].

У ряді країн у якості лігніноцелюлозної сировини для виробництва високоякісного паперу цигаркового та банкнотного з успіхом використовується волокно і навіть уся солома льону олійного, забезпечуючи збереження лісів [1].

В Італії волокно льону олійного використовують для відновлення якості рециркульованих волокон. У процесі обробки волокно льону олійного частково механічно модифікується, а потім його вводять до складу паперової маси. Простота підготовки пульпи із стебел льону олійного дозволяє виконувати цю операцію навіть у фермерських господарствах [8].

Як показали досліди Центрального науково-дослідного інституту комплексної автоматизації легкої промисловості (ЦНДІЛК) Російської Федерації м. Москва, Науково-дослідного інституту нетканих матеріалів (ЦДІНМ), м. Серпухів; Центрального науково-дослідного інституту бавовняної промисловості (ЦНДІБП), м. Москва та ін., волокно льону олійного з успіхом можна використовувати для одержання ефірів целюлози та усіх продуктів, отримуваних на її основі [9].

Ґрунтовні дослідження з нетекстильного використання волокна льону олійного та конопель здійснюються в польському Інституті натуральних волокон (м. Познань) під керівництвом його директора Р. Козловського [3].

На сьогоднішній день в Російській Федерації у рамках цільової програми «Лен – в товари России» розроблено новий асортимент виробів медичного призначення з лляного волокна та льоновмісних сумішей. У результаті робіт, проведених в ЦНДІЛКА та інших науково-дослідних інститутах, доведено можливість одержання лляної мікроскопічної целюлози із льону олійного. Запропоновано волокно льону олійного переробляти у гігроскопічні текстильні вироби медичного та санітарно-гігієнічного призначення, а також продукцію одноразового та короткотермінового використання. Так, наприклад, пропонується отримання гігроскопічної вати, з вмістом волокна льону-довгунця та льону олійного [10].

Проаналізовані роботи свідчать, що волокно льону олійного може бути застосоване для одержання санітарно-гігієнічних виробів, а також у текстильній промисловості для змішаного прядива при умові його модифікації за довжиною.

**Основна частина.** Волокно льону олійного спрямовується на виготовлення пульпи та паперу з неї, а також виробництва нетканих матеріалів різного призначення та армування конструкційних полімерних матеріалів для автомобільної, авіаційної та інших галузей промисловості. З цією метою використовують також волокнисті відходи переробки льону-довгунця.

У Західній Канаді льон олійний традиційно культивується на 700-800 тис. га. Щорічний урожай соломи льону олійного становить близько 1 млн. т, і тільки 15-20 % цієї соломи використовується у виробництві, головним чином, для виготовлення цигаркового паперу. Фабрики з виготовлення пульпи та паперу розміщені у штатах Північна Кароліна та Нью Джерсі (США). Останнім часом нові підприємства почали здійснювати модифікацію волокна льону олійного для виробництва промислової продукції. Волокно використовують як сировину для виробництва нетканих матеріалів, для виготовлення армованих волокном полімерних композиційних матеріалів та волокнистих плит [1].

В Європі велику зацікавленість викликає питання використання натуральних волокон, таких як волокно льону олійного, для одержання внутрішніх панелей для автомобілів. США починають закуповувати в Канаді лляне волокно як промисловий матеріал. Крім того, Канада сама імпортує деяку кількість соломи льону олійного [1].

Фінляндія та Німеччина виготовляють конструкційні матеріали, армовані лляним волокном [1]. Північна Америка також почала застосовувати композити з натуральних волокон [11]. Компанія «Кембридж Індастрі» організувала виробництво автоматичних поточних ліній, виготовляючи «сандвічі» з нетканого полотна натуральних волокон (льон олійний, пенька, джут) з прошарками із поліуретанової піни. Продукція цих поточних ліній – панелі із композитів, включаючи волокно олійного льону, має відповідні гігієнічні властивості придатна для використання у виробках для молокозаводів та інших виробничих процесів. Каркасні неткані полотна з волокна льону олійного у поєднанні з іншими матеріалами, такими як волокна поліпропілену, поліестеру, бавовни, шерсті та іншими можуть бути використані для ізоляції, фільтрації у олійному та сироварному виробництві, для захисту від ерозії ґрунту у садівництві та ін.

Найбільш широке застосування композиційні матеріали, армовані рослинними волокнами, знайшли в автомобільній промисловості. Композиційні, армовані луб'яними волокнами, матеріали використовуються зараз не тільки в автобудівництві, але й для виробництва віконних рам. Причому для запобігання від загоряння вони мають покриття із поліакрилового пластика і швидко висихаючих закріплювачів.

Волокно, одержане за технологією Римського дослідницького центру (IPZS), після ензимної обробки, віджимання, активного теплового вентильовання та кардочесання використовують для виробництва композиційних матеріалів, а кострицю – для виробництва плит (рис. 1) [8].



Рис. 1. Схема переробки соломи льону олійного у плити та композиційні матеріали

Луб'яне волокно має високу міцність, але містить дуже велику кількість костриці та сукупність тканин, що мають властивість порівняно швидко загниватися на повітрі, тому його доцільно використовувати у виробках, де ця властивість або не може проявитися, або не є шкідливою. [11].

Характеристику міцності волокна застосовуваного для армування наведено в табл. 1.

Таблиця 1 - Характеристика міцності волокна застосовуваного для армування

Волокно	Щільність, г/см	Діаметр, мкм	Подовження при розриві, %	Модуль Е, %	Гранична міцність, г/текс	Вміст вологи, %	Допустима темп-ра форм-я, °С
Бавовна	1,2	11-22	7	500	0,8	7	220 руйнівна
Льон	1,3	5-40	3	1840	1,3	7	
Джут	1,5	8-30	2	1750	0,5	12	
Сізаль	1,45	8-40	2	2500	0,5	8	
Скло	2,55	5-24	2-5	3000	1	1	800
Вуглеродне	1,9	5-7	2	10000	10	1	1200

Залежність між навантаженням та подовженням армованих волокон та аналогічні залежності готових композиційних матеріалів з різним вмістом волокна льону олійного та без застосування волокна наведено на рис. 1 та 2.

Використання натуральних волокон, низькосортного лляного волокна, а також волокна льону олійного у композитах для автомобільної промисловості у Росії знаходиться ще на стадії досліджень та дослідницьких розробок.

Аналізуючи, світовий досвід використання лляних волокон для одержання армованих матеріалів, можна зробити висновок, що волокно льону олійного, маючи відповідні фізико-механічні

характеристики може бути з успіхом застосовано в автомобілебудуванні для виготовлення композиційних матеріалів.

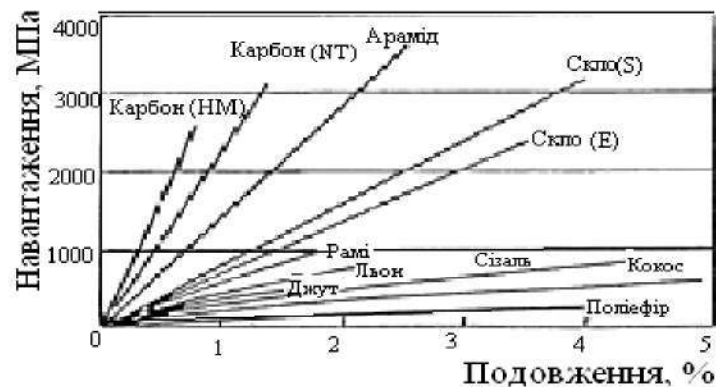


Рис. 1. Залежність між навантаженням та подовженням армуючих волокон та ненасиченою поліефірною смолою

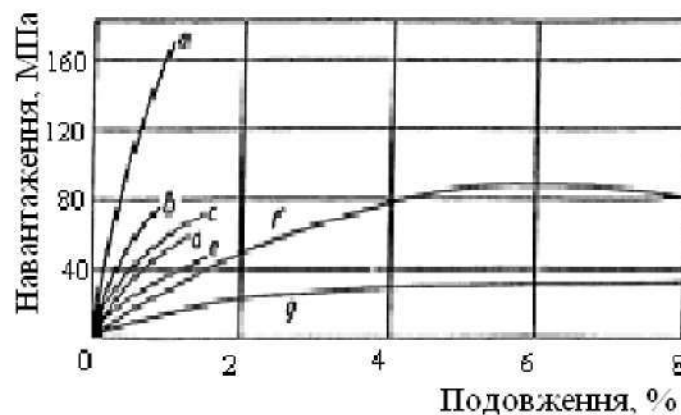


Рис. 2. Залежність між навантаженням та подовженням композиційних матеріалів із рослинними волокнами за Фольстером та Мішелі:

а – епоксидна смола + льон (55 % льону за об'ємом); б – льон, сізаць з поліпропіленом, с – поліефір + льон; д – поліпропілен + льон (30 % за об'ємом); е – поліефір + джут; ф – епоксидна смола без волокна, г – поліпропілен без волокна.

Важливим напрямом використання волокна льону олійного є виробництво нетканих матеріалів. В світі є великий досвід виготовлення нетканих матеріалів із різних волокнистих відходів та низькосортного волокна льону-довгунця. Виготовлення нетканих матеріалів із волокна льону-довгунця передбачає використання відходів тіпання та коротке волокно після обробки на волокновіддільній машини ВОМ-1 [12].

Технологія виробництва нетканих матеріалів із волокна льону олійного, на жаль, в Україні не розроблена. Але досвід вчених різних

країн з застосування лляних волокон із льону олійного для одержання нетканих матеріалів може бути перенесений у вітчизняне виробництво нових нетканих матеріалів.

Німецький інститут сільськогосподарського будівництва та Федеральний сільськогосподарський дослідницький центр (Л. Мурфі, Х. Берінг, Х. Віеланд) приводять залежність теплоізоляційних властивостей нетканих полотен різної щільності (рис. 3), отриманих з різних матеріалів (скловолокна, тонких і грубих луб'яних волокон). Показано, що якщо використовувати з цією метою неткані матеріали, то потрібно застосовувати для їх виготовлення більш тонке волокно і виготовляти матеріал, щільністю не менше  $35 \text{ кг/м}^3$ , достатньо повітропроникний. Для цієї мети найбільш придатним є волокно льону олійного (рис. 3). Подальше збільшення щільності цих матеріалів майже не знижує теплопровідність і тільки збільшує вагу матеріалу, а зниження щільності різко збільшує теплопровідність. Це гарно пов'язується з відомим визначення тонини волокна за повітропроникністю (аер-флоу). Неткані матеріали однієї щільності в  $15$  і  $30 \text{ кг/м}^3$ , але меншого (із-за великої товщини волокна) опору проходження повітря мають більшу теплопровідність [13].

Таким чином, вивчення фізико-механічних властивостей волокна льону олійного дозволить розширити область застосування його для виготовлення високоякісних теплоізоляційних нетканих матеріалів

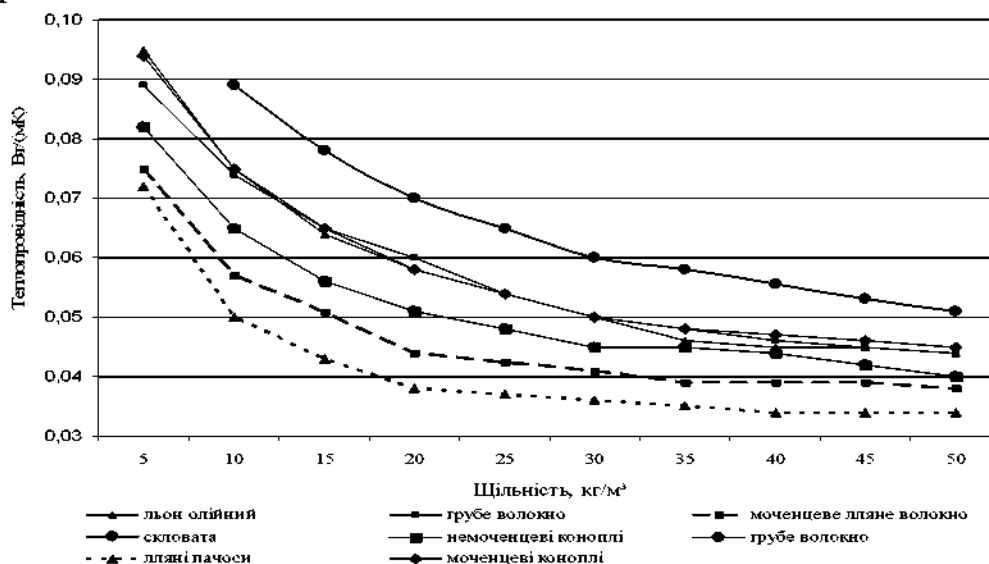


Рис. 3. Зміна теплоізоляційних властивостей нетканих матеріалів різної щільності з різноманітних матеріалів

Відомо, що при виділенні лубу та волокон льону олійного для послідувального використання, одночасно отримується волокно – 10-18 % та значна кількість костриці – 82-90 %, яка також може ефективно використовуватися. Значна кількість костриці, як відомо, одержується і при обробці льону-довгунця. Костриця льону-довгунця знайшла

широке застосування для виготовлення костроплит, костробрикетів, камінних дров, меблевих та будівельних костроплит [1].

На нашу думку, костриця льону олійного мало чим відрізняється за фізико-механічними властивостями від костриці льону-довгунця, тому відомі технології переробки костриці льону-довгунця можуть бути перенесені на переробку костриці льону олійного. Наприклад, камінні дрова із костриці можуть бути паливом. Теплотворна здатність цих дров близька до теплотворної здатності бурого вугілля та торфу. На багатьох льонозаводах теплопостачання для сушарок, пар для цехів мочіння, а іноді і електроенергія виробляється за рахунок котелень, працюючих на костриці. Часто сушіння ведуть на димогазових сушарках, де в якості палива використовується костриця.

Пресуючи лляну кострицю у суміші з торф'яними крихтами, отримують брикети, які можна використовувати в якості палива для опалення дачних осель, оранжерей та інших приміщень з пічним опаленням. Відомо, що з костриці отримують сорбенти – активоване вугілля, яке одержують із костриці після її карбонізації. Також костриця використовується для виробництва плит тепло- та звукоізоляційних, для меблевої промисловості та будівництва. Сьогодні виробництво таких плит являється найбільш ефективним способом переробки лляної костриці [14].

Останнім часом розроблений метод виробництва костроплит з високими теплоізоляційними властивостями, що дозволяє суттєво економити тепло у приміщеннях, побудованих з їх використанням. При цьому в якості в'язучого використовується не смоли, а клеючі складові самої костриці [1]. Технології поглибленої переробки костриці доволі детально розроблені і впроваджені в Україні та за кордоном.

Таким чином, друга фракція яка буде виділятися із стебел льону олійного – костриця, як показує світовий та вітчизняний досвід, має широке застосування для виготовлення різних видів будівельних матеріалів, палива та меблевих виробів. Технології, які впроваджені у виробництво вищезазначених матеріалів із костриці льону-довгунця, на нашу думку, можуть бути успішно застосовані і для переробки костриці із льону олійного.

**Висновки.** Проведений аналіз існуючих технологій комплексного використання льону олійного дозволяє зробити висновок, що на сьогоднішній день у світі відомо досить багато напрямів комплексного використання льону олійного, внаслідок відкритих технологічних властивостей волокна, що дозволяє застосовувати його у багатьох галузях промисловості.

В наведеній роботі на основі новітніх досягнень вітчизняних і зарубіжних вчених зроблено узагальнення областей комплексного



використання льону олійного, щоб привернути увагу вітчизняних виробників на необхідність його комплексного застосування.

Враховуючи вищезазначене, можна стверджувати, що волокно льону олійного це не тільки текстиль. Це конструкційні матеріали в автобудуванні та будівництві, тепло- та звукоізоляція салонів літаків та автомобілів, це харчова олія, ліки, косметика, стійкі лаки та фарби, порошок, сорбенти та паливо, банкнотний та цигарковий папір. Усі складові елементи цієї дивовижної рослини, всі відходи технологій її переробки корисні, потрібні, а отже можуть бути прибутковими.

Європа та інші країни світу проявляють неабияку зацікавленість до питань комплексного використання льону олійного. Підвищений інтерес до культури льону олійного за кордоном змушує переглянути відношення до неї в Україні, бо в саме цих країнах її використовують для виготовлення різних видів продукції у багатьох галузях промисловості. На основі величезного світового досвіду використання соломи льону олійного, можна зробити висновок, що солома олійного льону є цінною целюлозовмісною сировиною, хоча на сьогодні вона залишається другорядним продуктом, проте, при відповідній переробці її можна використати для виготовлення різних товарів народного вжитку.

#### Література

1. *Живетин В.В.* Масличный лён и его комплексное развитие / В.В. Живетин, Л.Н. Гинзбург. – М.: ЦНИИЛКА, 2000. – 389 с.
2. *Минкевич И.А.* Масличные культуры / И.А. Минкевич, В.Е. Борковський. – М.: Сельхозиз. – 1952. – 545 с.
3. Дослідження в області нового застосування нат. волокон: зб. консулт. FAO / Інститут нат. волокон. – Познань (Польща), 1999.
4. *Рой О.О.* Порівняльна характеристика штапельних діаграм волокон льону олійного та льону-довгунця / О.О. Рой, Н.І. Резвих // Легка промисловість. – 2008. – № 1. – С. 50.
5. *Виноградов В.Ф.* Медико-биологические аспекты использования льняного масла: / В.Ф. Виноградов, Ю.В. Раскуратов // «Лён – на пороге XXI века»: научн.-практ. конф.: тезисы докл. – Вологда: ПФ Полиграфист, 2000.
6. Олійні культури в Україні: [навч. посіб.] / М.М. Гаврилук, В.Н. Саламатенко, А.В. Чехов, М.І. Федорчук; за ред. Саламатенко В.Н. – [2-е вид., переробл. і допов.]. – К.: Основа, 2008. – 420 с.
7. *Лихочвар В.В.* Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур / В.В. Лихочвар, В.Ф. Петриненко. – Львів.: НВФ «Українські технології», 2006. – 730 с.
8. *Cappelletto P.* Mechanical treatment of field retted oilseed flax and hemp. Resulting fibers can recycle fibers quality. / Nord flax: proceeding and abstracts of the 1 Nordic Conference on flax and hemp processing, held in Tampere, Finland. 10-12 August 1998, P. 127-141.

9. Живетин В.В. Перспективы использования лубяных волокон как альтернативного источника сырья для производства целлюлозы / В.В. Живетин, С.А. Кочаров, Р.Н. Яруллин // Льняной комплекс России. Проблемы и перспективы. Материалы международной научно-практической конференции. – Вологда, 2001. – С. 52.
10. Яруллин Р.Н. Технология производства целлюлозы и ее эфиров из лубяных волокон / Р.Н. Яруллин, Ф.Ф. Газизов, С.А. Кочаров // Льняной комплекс России. Проблемы и перспективы. Материалы международной научно-практической конференции. – Вологда, 2001. – С. 53-54.
11. Келер Е. Применение натуральных волокон в композиционных материалах / Е. Келер, Зибдрат Г., Шульц Я. // Изв. Вузов. Технология текст. пром-сти, – 1999, – № 5, – С. 124-128.
12. Козакова А. Получение нетканых материалов из льняных отходов / А. Козакова // Повышение эффективности использования сырья: семинар. – М., 1995.
13. Guillaud R. Nonwoven application of natural fibres / R. Guillaud // Flax and others Bast Fibrous Symposium, France 30 September, 1997.
14. Liljedahl S. Barriers in the Development of Non-Textile Flax Fibre Applications, Flax in the World / S. Liljedahl, B. Smeder, 15-17 July 1993. – Workshop in Bonn (Germany), 1993.

## ПЕРСПЕКТИВИ КОМПЛЕКСНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

Горач О.О., Тіхосова Г.А., Чурсіна Л.А.

**Анотація** – в статті наведено результати теоретичних досліджень з питання комплексного використання льону олійного. Показано існуючі світові інноваційні технології одержання, переробки волокна льону олійного та галузі його використання.

## PROSPECTS OF COMPLEX USE OF OIL FLAX

O. Gorach, A. Tihosova, L. Chursina

### *Summary*

**In article the theoretical researches of a question of complex use of oil flax are resulted. Existing world innovative technologies of reception, processing of a fiber of oil flax and branches of its use are shown.**