

## ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗПЕЧНОСТІ ЛЛЯНИХ ВОЛОКОН ДЛЯ ВИРОБІВ МЕДИЧНОГО ТА САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Євтушенко В. В., Закора О. В., Євтушенко А. В.

### 1. Вступ

Важливою проблемою на сьогоднішній день є захист здоров'я людини від впливу шкідливих факторів. Значущу роль при цьому відіграють текстильні вироби з екологічно чистої натуральної сировини. Виробництво таких виробів на українських підприємствах за відсутності власної бавовни залежать від закордонної сировини, причому не завжди належної якості. Тому доцільним є використання для цієї мети власної сировини, зокрема лляного волокна, яке має унікальні медичні та санітарно-гігієнічні властивості. Текстильні вироби із лляного волокна мають здатність:

- пригнічувати життєдіяльність мікрофлори;
- до сумісності з живими біологічними об'єктами, обумовлену використанням хірургічних ниток з льону для накладання внутрішніх швів;
- зупиняти кровотечу та антипролежневий ефект;
- до сприятливого впливу на терморегуляторний механізм організму;
- поглинати вільні радикали;
- сприятливий вплив на імунітет та шкіру людини;
- до поглинання м'якого іонізуючого випромінювання та зниження статичної електрики [1–6].

Ці властивості обумовлені хімічною будовою та складом волокна, зокрема наявністю в ньому різних мікроелементів [7]. Однак, в існуючій на сьогоднішній день нормативній документації, не регламентується хімічний склад лляного волокна та його вплив на показники якості. Не нормуються концентрації хімічних елементів у волокні, що в подальшому може впливати на його використання для виготовлення виробів. У зв'язку з цим актуальними є дослідження, які спрямовані на аналіз існуючих нормативних документів, які регламентують якість та безпечність волокон та пошук шляхів створення вимог до показників безпечності відповідно до сфери застосування.

При розробці рекомендацій необхідно враховувати унікальну властивість льону накопичувати в тканинах мікроелементи з ґрунту, в тому числі й важкі метали, які можуть негативно впливати на організм людини.

### 2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єктом даного дослідження є процес формування нормативно-технічної документації щодо безпечності лляного волокна медичного та санітарно-гігієнічного призначення. Це дослідження необхідно проводити із врахуванням унікальних властивостей льону, які обумовлені його хімічним складом та будовою. Зокрема, стійкість лляного волокна до фізичних та хімічних впливів обумовлена наявністю в ньому целюлози та ступенем її впорядкованості. Завдяки

наявності домішок не целюлозного характеру, волокна характеризуються підвищеною стійкістю до вологи, температури, мікроорганізмів, світла. Внаслідок великих можливостей адаптації до змін хімічних властивостей навколишнього середовища льон накопичує в своїх тканинах мікроелементи, у тому числі й важкі метали, сукупна присутність яких є причиною медичних та санітарно-гігієнічних властивостей.

Одним із найбільш проблемних завдань в даному процесі є встановлення вимог щодо вмісту важких металів у волокні. При цьому доцільно враховувати не тільки вміст кожного окремого хімічного елемента, але й їх сумарний вплив на безпечність.

### **3. Мета та завдання дослідження**

*Метою дослідження є удосконалення нормативно-технічної документації на основі пропозицій щодо регламентування безпечності лляних волокон.*

Для досягнення поставленої мети необхідно:

1. Провести аналіз існуючої нормативної документації, в якій регламентуються вимоги до волокон.
2. Сформулювати рекомендації щодо безпечності лляних волокон.

### **4. Дослідження існуючих рішень проблеми**

Серед основних напрямків усунення проблеми дослідження можуть бути виділені чинники, які формують рівень безпечності текстилю. Зокрема, в роботах [8, 9] вказується на необхідність створення нормативної документації, в якій регламентуються вимоги до безпечності, методи, методики та критерії дослідження. Однак не враховано унікальні властивості лляного волокна, його хімічний склад та сумарний вплив хімічних елементів на формування медичних та санітарно-гігієнічних властивостей. Аналогічні висновки зроблено в роботі [10] щодо розробки сучасних, принципово нових методичних підходів якісного аналізу, гігієнічних критеріїв і регламентів, а також гармонізація їх з міжнародними стандартами. Авторами запропоновано створення державних санітарних норм і правил, в яких буде враховано гігієнічний контроль якісних складових хімічних факторів, що можуть спричиняти шкоду здоров'ю. Ці пропозиції стосуються в основному одягу, зокрема дитячого. В роботі [11] проаналізовано розподілення важких металів уздовж осі рослини льону в порядку зменшення їх концентрації: корінь, стебло, листя, насіння та запропоновано використовувати його для очищення ґрунту від важких металів. Аналогічні дослідження було проведено в роботі [12] та розроблено протоколи визначення характеристик елементів та визначення токсичних металів у лляному волокні.

Авторами [10–17] проаналізовано способи використання лляного волокна для медицини із врахуванням його протимікробних властивостей, здатності до поглинання вологи, механічних властивостей.

Таким чином, результати проведеного аналізу свідчать про необхідність вибору найбільш прийняттого рішення, яке повинного враховувати властивості лляного волокна для виробів медичного та санітарно-гігієнічного призначення.

## 5. Методи дослідження

Проведення повного дослідження безпечності лляного волокна – процес досить трудомісткий. Тому було обрано метод аналізу нормативної документації. Зокрема, традиційний, класичний аналіз, спрямований на інтерпретацію відомостей, які є в сучасній нормативно-технічній документації.

При цьому було використано один із видів традиційного аналізу – внутрішній, направлений на аналіз документу із врахуванням вимог до безпечності лляного волокна. Вибір критеріїв для оцінки безпечності лляного волокна був пов'язаний з його ймовірними особливостями відповідно до гігієнічних та токсикологічних вимог.

## 6. Результати досліджень

Необхідність формування українського ринку виробів медичного та санітарно-гігієнічного призначення з лляного волокна обумовлена наявністю власної сировини [18, 19]. Останнім часом окрім льону-довгунця для цієї мети вчені пропонують використовувати льон олійний [20, 21]. Враховуючи, що такі вироби мають безпосередній контакт зі шкірою людини, постає питання щодо їх безпечності. Здатність льону накопичувати з ґрунту мікроелементи диктує необхідність перевірки ґрунтів на наявність у них важких металів, які потрапляють разом з добривами, отрутохімікатами. При цьому постає потреба у створенні допустимих норм цих елементів у продукції з нього. Накопичення важких металів може негативно впливати як на показники якості лляного волокна, так і негативно впливати на організм людини.

Відповідно до ГОСТ 17.4.02-83 «Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения» [22] для контролю хімічних речовин, які потрапляють в ґрунт, потрібно враховувати клас небезпеки хімічних речовин:

- 1-й клас – високо небезпечні речовини (миш'як, кадмій, ртуть, селен, свинець, цинк, фтор);
- 2-й клас – помірно небезпечні речовини (бор, кобальт, нікель, молібден, мідь, сурма, хром);
- 3-й клас – мало небезпечні речовини (барій, ванадій, вольфрам, марганець, стронцій).

Незважаючи на те, що даний нормативний документ є застарілим і потребує заміни, на даний момент він є чинним. Відповідно до нього потрібно перевіряти наявність небезпечних хімічних елементів, які можуть потрапляти з ґрунту в лляну сировину.

Більшість виробників на сьогоднішній день, враховуючи прагнення споживачів отримувати екологічно чисту продукцію, використовують міжнародний стандарт Oeko-Tex Standard 100 [23]. Цей стандарт встановлює обмеження на використання деяких хімічних речовин – сурми, миш'яку, свинцю, кадмію, хрому, кобальту, міді, нікелю, ртуті в текстильній продукції. Нормуються також рН водної витяжки та гранично допустимі концентрації формальдегідів. Однак цей стандарт не враховує поділу на класи небезпеки, які передбачені ГОСТ 17.4.02-83 та перевірку на наявність небезпечних хімічних речовин, пе-

редбачених цим стандартом. Окрім того, відповідно до Oeko-Tex Standard 100, всі текстильні матеріали поділяються на групи:

- дитячий асортимент;
- вироби, більша частина яких контактує зі шкірою людини;
- вироби, які не контактують зі шкірою людини;
- вироби, які використовуються в побуті, місцях загального користування, транспорті.

При цьому в стандарті не враховуються вироби медичного та санітарно-гігієнічного призначення.

Враховуючи вимоги Державних санітарних норм та правил «Матеріали та вироби текстильні, шкіряні і хутрові. Основні гігієнічні вимоги» [24], сировина для виготовлення текстильних матеріалів не повинна містити в своєму складі хімічні сполуки, які відносяться до першого класу небезпечності. Однак, не нормуються речовини, які входять до цього класу: селен, цинк, фтор.

Враховуючи здатність льону накопичувати мікроелементи з ґрунту, в тому числі й високо небезпечні речовини, постає завдання перегляду нормативів щодо вмісту цих речовин в лляному волокні та виробах з нього. Під час розробки цих нормативів необхідно враховувати гранично допустимі концентрації всіх елементів та їх вплив один на одного.

При цьому важливим є врахування як посилення, так і послаблення сумісної дії важких металів. Для льону така протидія означає, що сумарний вплив декількох елементів може бути меншим суми дії окремих елементів [25, 26]. Цей факт пояснюється здатність одного елемента затримувати або стимулювати дію інших. Цей процес є мінливим і контролюється багатьма чинниками, зокрема генетичними, біохімічними та фізіологічними та потребує додаткових досліджень [27, 28]. Таким чином, сумарний негативний ефект від забруднення льону важкими металами залежить не тільки від набору та рівня вмісту конкретних елементів, а й від особливостей їх взаємного впливу.

Для розробки критерію оцінки безпечності лляного волокна доцільним є врахування всіх чинників. Під час розрахунку гранично допустимих концентрацій важких металів у лляному волокні необхідно враховувати:

- сумарний вплив всіх хімічних елементів за умови відсутності взаємного впливу один на одного;
- взаємодію, яка призводить до взаємного посилення дії всіх, або одного елемента. Як результат, підвищення рівня небезпеки дії цих елементів;
- взаємодію, яка призводить до взаємного послаблення дії всіх, або одного елемента. Результат – підвищення значення гранично допустимих концентрацій та підвищення безпечності.

## **7. SWOT-аналіз результатів дослідження**

*Strengths.* Серед сильних сторін даного дослідження слід відмітити пропозиції щодо нормування хімічних речовин у лляному волокні із врахуванням його властивостей та відповідно до його призначення. Про користь даного твердження свідчать результати аналізу нормативних документів, в яких ці вимоги відсутні. Використання рекомендацій щодо розробки критерію безпечності

ляного волокна дозволяє вирішити завдання забезпечення виробами медичного та санітарно-гігієнічного призначення із сировини, яка є в Україні. Критеріями нормування є гранично допустимі концентрації хімічних елементів, як кожного окремо, так і всіх разом, які є в наявності у волокні. Це сприятиме:

- підвищенню вимог до безпечності волокна;
- мінімізації появи на українському ринку небезпечних текстильних виробів, на виробництво яких витрачаються значні ресурси.

*Weaknesses.* Слабкі сторони даного дослідження пов'язані зі складністю виявлення хімічних елементів, у тому числі й важких металів. Причиною цього є необхідність використання високоточних експериментальних досліджень із використанням сучасної аналітичної техніки, яка в багатьох випадках є недоступною. Для усунення даної проблеми існує необхідність розробки доступної методики визначення вмісту хімічних елементів у лляному волокні. Негативними факторами дослідження є:

- збільшення часу виробництва продукції;
- збільшення вартості виробництва, пов'язане з додатковими дослідженнями.

*Opportunities.* Додаткові можливості, які забезпечують досягнення мети базуються на перегляді застарілих стандартів колишнього Радянського Союзу та розробці сучасної методики по визначенню хімічного складу лляного волокна. Саме таким чином може бути вирішена проблема безпечності сировини українського виробництва медичного та санітарно-гігієнічного призначення. При цьому дані у дослідженні рекомендації можуть стати основою для розробки нових нормативних документів. Використання рекомендацій під час оцінки безпечності лляного волокна сприятиме розширенню асортименту української продукції медичного та санітарно-гігієнічного призначення.

У подальших роботах автори приведуть результати оцінки безпечності лляних волокон згідно даних рекомендацій.

*Threats.* Складності, пов'язані із впровадженням даних у дослідженні рекомендацій, пояснюються перш за все недостатнім фінансуванням розробки нових нормативних документів. Ця проблема може бути вирішена при забезпеченні бюджетного фінансування та коштів зацікавлених організацій.

Таким чином, SWOT-аналіз результатів дослідження дозволяє визначити основні напрямки для успішного досягнення мети дослідження. Серед них:

- нормування хімічних елементів у лляному волокні медичного та санітарно-гігієнічного призначення;
- розробка методики визначення вмісту хімічних елементів;
- перегляд застарілих стандартів;
- фінансування розробки нових нормативних документів.

## **8. Висновки**

1. Проаналізовані існуючі нормативні документи щодо безпечності лляних волокон враховують поділ текстильних матеріалів на групи та класи небезпеки. Встановлено, що особливої уваги щодо безпечності потребує лляне волокно, призначене для виготовлення виробів медичного та санітарно-гігієнічного призначення.

2. Сформовані рекомендації щодо розробки сучасних нормативних документів із врахуванням вимог міжнародного стандарту Oeko-Tex Standard 100 та вимог Державних санітарних норм та правил. При цьому критеріями нормування є гранично допустимі концентрації всіх хімічних елементів у лляному волокні. Визначення їх кількості потребує розробки сучасної методики із врахуванням поділу хімічних елементів на класи небезпеки. Враховуючи недостатнє фінансування робіт, пов'язаних з розробкою нових нормативних документів доцільним є поєднання бюджетного фінансування з коштами зацікавлених організацій.

### Література

1. Zhivetin, V. V. Len i ego kompleksnoe ispol'zovanie [Text]: Handbook / V. V. Zhivetin, L. N. Ginzburg, O. M. Olshanskaia. – Moscow: Inform-Znanie, 2002. – 400 p.
2. Artemov, A. V. Mediko-gigienicheskie svoistva l'nianyh tkanei [Text] / A. V. Artemov, O. A. Miheeva // Dizain i tehnologii. – 2009. – № 12 (54). – P. 90–96.
3. Touré, A. Flaxseed Lignans: Source, Biosynthesis, Metabolism, Antioxidant Activity, Bio-Active Components, and Health Benefits [Text] / A. Touré, X. Xueming // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2010. – Vol. 9, № 3. – P. 261–269. doi:10.1111/j.1541-4337.2009.00105.x
4. Zhivetin, V. V. Len na rubezhe XX i XXI vekov [Text]: Handbook / V. V. Zhivetin, L. N. Ginzburg. – Moscow: IPO «Poligrom», 1998. – 184 p.
5. Yakutina, N. V. Medical and biological aspects of ecological characteristics of flax [Text] / N. V. Yakutina, A. V. Artemov, O. G. Liubskaya // Science Review. – 2011. – № 5. – P. 28–33.
6. Yakutina, N. V. Sorption properties of linen fabrics [Text] / N. V. Yakutina, A. V. Artemov, O. G. Liubskaya // Science Review. – 2013. – № 3. – P. 35–37.
7. Zhivetin, V. V. L'nianoe syr'e v izdeliiah meditsinskogo i sanitarnogigienicheskogo naznacheniiia [Text] / V. V. Zhivetin, B. P. Osipov, N. N. Osipova // Rossiiskii himicheskii zhurnal. – 2002. – Vol. XLVI, № 2. – P. 31–35.
8. Halyk, I. S. Ekolohichna bezpeka ta biostiikist tekstylnykh materialiv [Text]: Monograph / I. S. Halyk, O. B. Kotsevych, B. D. Semak. – Lviv: Lviv Commercial Academy, 2006. – 232 p.
9. Yarshchuk, O. V. Strukturnyi pidkhid do optymizatsii pokaznykiv yakosti tekstylnykh materialiv ta vyrobiv z nykh [Text] / O. V. Yarshchuk, O. P. Bokhonko, O. Yu. Lepikash // Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky. – 2011. – № 1. – P. 209–213.
10. Prodanchuk, M. H. Suchasni problemy bezpechnosti tekstylnykh materialiv ta odiahu v ramkakh harmonizatsii z vymohamy standartiv krain yevropeiskoho spivtovarystva [Text] / M. H. Prodanchuk, L. H. Senenko, O. P. Kravchuk, I. V. Lieposhkin // Suchasni problemy toksykolohii. – 2004. – № 1. – P. 3–8.
11. Angelova, V. Bio-accumulation and distribution of heavy metals in fibre crops (flax, cotton and hemp) [Text] / V. Angelova, R. Ivanova, V. Delibaltova,

K. Ivanov // *Industrial Crops and Products*. – 2004. – Vol. 19, № 3. – P. 197–205. doi:10.1016/j.indcrop.2003.10.001

12. Rezić, I. Cellulosic fibers – Biosorptive materials and indicators of heavy metals pollution [Text] / I. Rezić // *Microchemical Journal*. – 2013. – Vol. 107. – P. 63–69. doi:10.1016/j.microc.2012.07.009

13. Kulma, A. New flax producing bioplastic fibers for medical purposes [Text] / A. Kulma, K. Skórkowska-Telichowska, K. Kostyn, M. Szatkowski, J. Skała, Z. Drulis-Kawa, M. Preisner, M. Żuk, J. Szperlik, Y. F. Wang, J. Szopa // *Industrial Crops and Products*. – 2015. – Vol. 68. – P. 80–89. doi:10.1016/j.indcrop.2014.09.013

14. Anjum, S. Effects of photoperiod regimes and ultraviolet-C radiations on biosynthesis of industrially important lignans and neolignans in cell cultures of *Linum usitatissimum* L. (Flax) [Text] / S. Anjum, B. H. Abbasi, J. Doussot, A. Favre-Réguillon, C. Hano // *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. – 2017. – Vol. 167. – P. 216–227. doi:10.1016/j.jphotobiol.2017.01.006

15. Stamboulis, A. Effects of environmental conditions on mechanical and physical properties of flax fibers [Text] / A. Stamboulis, C. A. Baillie, T. Peijs // *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. – 2001. – Vol. 32, № 8. – P. 1105–1115. doi:10.1016/s1359-835x(01)00032-x

16. Bagheri, Z. S. Biomechanical properties of an advanced new carbon/flax/epoxy composite material for bone plate applications [Text] / Z. S. Bagheri, I. El Sawi, E. H. Schemitsch, R. Zdero, H. Bougherara // *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. – 2013. – Vol. 20. – P. 398–406. doi:10.1016/j.jmbbm.2012.12.013

17. Kunert-Keil, C. The survival and proliferation of fibroblasts on biocomposites containing genetically modified flax fibers: An in vitro study [Text] / C. Kunert-Keil, T. Gredes, A. Meyer, M. Wróbel-Kwiatkowska, M. Dominiak, T. Gedrange // *Annals of Anatomy – Anatomischer Anzeiger*. – 2012. – Vol. 194, № 6. – P. 513–517. doi:10.1016/j.aanat.2011.12.006

18. Semak, B. B. Teoretyko-metodolohichni osnovy formuvannia vitchyznianoho syrovynnoho rynku ekolohichno bezpechnykh tovariv tekstylnoi promyslovosti [Text]: Monograph / B. B. Semak. – Kherson: Hrin D. S., 2011. – 232 p.

19. Semak, B. B. Naukovi zasady formuvannia rynku roslynnoi tekhnichnoi syrovyny ta yoho okremykh sehmentiv [Text]: Monograph / B. B. Semak. – Lviv: Lviv Commercial Academy, 2007. – 512 p.

20. Tikhosova, H. A. Oderzhannia volokon riznoho funktsionalnoho pryznachennia z tresty lonu oliinoho [Text] / H. A. Tikhosova, T. M. Holovenko, I. O. Mieniailo // *Lehka promyslovist*. – 2011. – № 1. – P. 40–42.

21. Fedosova, N. M. Rasshirenie vozmozhnostei ispol'zovaniia maslichnogo l'na [Text] / N. M. Fedosova // *Problemy legkoi i tekstil'noi promyshlennosti Ukrainy*. – 2010. – № 1. – P. 115–116.

22. GOST 17.4.02-83. Ohrana prirody. Pochvy. Klassifikatsiia himicheskikh veshchestv dlia kontroliia zagriazneniia [Text]. – Introduced: 1985-01-01. – Moscow: Izdatel'stvo standartov, 1985. – 12 p.

23. Standart 100 by OEKO-TEX [Electronic resource] // OEKO-TEX® Certifications&Services. – Available at: \www/ URL: [https://www.oeko-tex.com/ru/business/certifications\\_and\\_services/ots\\_100/ots\\_100\\_start.xhtml](https://www.oeko-tex.com/ru/business/certifications_and_services/ots_100/ots_100_start.xhtml)
24. DSanPiN 3.3-182-2012. Materialy ta vyroby tekstylni, shkiriani i khutrovi. Osnovni hiiienichni vymohy [Text]. – Introduced: 2013-09-01. – Kyiv: State Sanitary Norms and Regulations, 2012. – 35 p.
25. Pendas, H. Trace Elements in Soils and Plants, Third Edition [Text] / H. Pendas, A. Kabata-Pendas. – CRC Press, 2001. – 403 p. doi:10.1201/9781420039900
26. Alekseev, Yu. V. Tiazhelye metally v pochvah i rasteniiah [Text] / Yu. V. Alekseev. – Leningrad: Agropromizdat, 1987. – 142 p.
27. Foy, C. D. The Physiology of Metal Toxicity in Plants [Text] / C. D. Foy, R. L. Chaney, M. C. White // Annual Review of Plant Physiology. – 1978. – Vol. 29, № 1. – P. 511–566. doi:10.1146/annurev.pp.29.060178.002455
28. Mortvedt, J. J. Micronutrients in Agriculture [Text] / J. J. Mortvedt, F. R. Cox, L. M. Shuman; ed. by R. M. Welch. – Soil Science Society of America, 1991. – 760 p.