

## АЛЬТЕРНАТИВНІ МЕТОДИ САНІТАРНО-ХІМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

В роботі представлені альтернативні методи оцінки токсичності текстильних матеріалів шляхом проведення фіто тестування на насінні *Avena sativa* та *Triticum vulgare* та біотестування за допомогою культури водорості *Chlorella vulgaris* Beijer. Запропонована методика проведення санітарно-хімічних досліджень текстильних матеріалів з використанням рослин та мікрободоростей. В результаті проведених досліджень визначені критерії фіто- та біотоксичності натуральних тканин.

Ключові слова: токсичність, фіто тестування, біотестування, *Chlorella vulgaris* Beijer, критерії токсичності.

T.V. IVANISHENA  
Khmelnitsky National University

### ENVIRONMENTAL SAFETY STUDY MATERIAL FOR MAKING

*Abstract - The purpose of research is to develop alternative methods of sanitary-chemical studies of textile materials by studying the impact of complex chemical substances migrating from them for properties of phyto and bioassays.*

*The methods of sanitary-chemical studies of textile materials using plant Avena sativa and Triticum vulgare and test - culture algae Chlorella vulgaris Beijer. A series of experiments to determine the length of roots, seedling sprouts plants, as well as changes in optical density culture of algae Chlorella vulgaris Beijer in the control and experimental samples (extracts from natural fabrics). Identified and analyzed the criteria of toxicity of textile materials based on two groups of test objects.*

*Established that selected natural fabrics national production - cotton, wool, silk and linen on the basis of phyto-and bioassay relating to hazard class 4.*

*Keywords: toxicity, of phyto testing, bioassay, Chlorella vulgaris Beijer, criteria of toxicity.*

### Постановка проблеми

Однією з умов виготовлення високоякісного одягу є врахування гігієнічних вимог до нього. Ці вимоги визначають ступінь відповідності одягу умовам життєдіяльності людини, і чим вище цей ступінь, тим краще самопочуття людини, менша можливість її захворювання, вища працездатність.

Виготовлення одягу для захисту людини від несприятливого впливу зовнішнього середовища (метеорологічних, механічних, і хімічних чинників, бактеріцидних забруднень та інше), яке є по суті «мікро житлом», може бути здійснено тільки на основі його наукового проектування, враховуючи кількісні і якісні вимоги до матеріалів для одягу та його конструкції.

Впровадження в швейну промисловість синтетичних матеріалів спричинило нові проблеми, які потребують покращення гігієнічних властивостей матеріалу для одягу, а також його зручності в процесі експлуатації. Необхідність подібних досліджень диктується також і тим, що матеріали, які на сьогодні випускаються текстильною промисловістю, не мають достатньо обґрунтованої методики по санітарно-гігієнічній оцінці у відповідності до умов їх переробки та експлуатації одягу з них [1].

### Аналіз останніх досліджень та публікацій

Протягом останніх років відбувається постійне удосконалення нормативної бази України, щодо підвищення вимог до санітарно-гігієнічних властивостей та покращення санітарно-хімічних показників текстильних матеріалів, які використовують у легкій промисловості для виготовлення одягу. У 2013 році були затверджені Державні санітарні норми та правила «Матеріали та вироби текстильні, шкіряні і хутрові». Основні гігієнічні вимоги»[2]. За цим нормативним документом висувають окремі гігієнічні вимоги до сировини, а саме, сировина натурального, штучного та синтетичного походження, хімічні сполуки і хімічні композиції, які застосовуються у виробництві продукції, повинні бути безпечними для здоров'я людини.

Виділення хімічних речовин з продукції для дорослого і дитячого населення у підподежний повітряний простір та в опосередковані модельні середовища не повинно перевищувати гігієнічні показники безпеки і гігієнічні нормативи хімічних речовин, що виділяються

Визначення рівнів міграції хімічних забруднювачів, що виділяються з продукції, необхідно проводити відповідно до вимог цих Державних санітарних норм та правил та чинних нормативно-технічних документів

За іншим нормативним документом (методичні вказівки за гігієнічною оцінкою одягу і взуття з полімерних матеріалів) [3] гігієнічну оцінку одягу слід починати з проведення санітарно-хімічних досліджень.

Метою санітарно-хімічних досліджень є :

1) виявлення можливого виділення шкідливих речовин з матеріалів і взуття в контактують з ними середовища;

2) вивчення інтенсивності та динаміки їх міграції;

3) прогнозування ступеня несприятливого впливу їх на організм.

Для таких досліджень найчастіше використовують фізико-хімічні методи дослідження, які

проводяться акредитованими хімічними лабораторіями та використовують потенціометрію, фотометрію, хроматографію.

Поряд з цим в останні роки широкого розповсюдження набули методи біотестування для визначення екологічності як об'єктів навколишнього середовища, так і різних речовин та матеріалів.

Одним з видів біотестування є фітотестування з використанням у якості фіто-тест-об'єктів різних рослин.

**Мета і завдання досліджень**

Мета досліджень – розробка альтернативних методів санітарно-хімічних досліджень текстильних матеріалів на підставі вивчення впливу комплексу хімічних речовин, мігруючих із них на здатність до проростання різних фіто-тест-об'єктів та розмноження мікроводорослей. Для досягнення поставленої мети вирішено наступні завдання:

1. Розроблено методики санітарно-хімічних досліджень текстильних матеріалів з використанням рослин *Avena sativa* та *Triticum vulgare* та тест – культури водорості *Chlorella vulgaris* Beijer.

2. Проведено серію експериментів по визначенню довжини коренів, пагінців проростків рослин, а також зміни оптичної густини культури водорості *Chlorella vulgaris* Beijer в контрольних і дослідних пробах (витяжках з текстильних матеріалів).

3. Визначено та проаналізовано параметри фіто ефекту і критерії токсичності текстильних матеріалів на основі двох груп тест-об'єктів.

**Виклад основного матеріалу**

Для проведення досліджень був обраний асортимент текстильних матеріалів, а саме натуральних тканин. З них натуральні тканини: бавовна, вовна, льон та шовк (табл. 1).

Таблиця 1




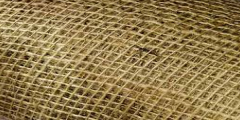
Об'єкти дослідження		
Назва матеріалу	Виробник	Зображення
Бавовна	ТОВ «ПО ТК-Донбас», Україна, м. Донецьк, вул. Бахметьєва,34	
Вовна	ПП «Оленівіт», Україна, м. Львів, вул. Городницька,49	
Шовк	ПП «Волонський шовковий комбінат», Україна, м. Львів, вул. Карбишева,2	
Льон	ПП «Текстиль-Контакт», Україна,02081, м. Київ, вул. Сортувальна,2	

Схема проведення експериментальних досліджень зображена на рис. 1.

Першим етапом для проведення досліджень було отримання водних витяжок з текстильних матеріалів [4]. Водні витяжки отримували на протязі трьох діб при температурі 20°C, і протягом 6 годин при температурі 37°C.

Для проведення санітарно-хімічних досліджень текстильних матеріалів використовували метод фітотестування на насінні таких рослин, як *Avena sativa* та *Triticum vulgare* [5]. Після закінчення терміну експозиції вимірюють довжину коренів та пагінців проростків в контрольних і дослідних пробах, причому об'єктом вимірювання у кожного насіння є корінь максимальної довжини.

Величина фіто ефекту (ефекту гальмування) визначається за формулою:

$$ET = \frac{L_k - L_d}{L_k} \cdot 100\% \tag{1}$$

де ET – фіто ефект, %;

$L_d$  – середня довжина коренів у досліді;

$L_k$  – середня довжина коренів у контролі.

Якщо фіто ефект становить більше 20%, що вказує на фітотоксичну дію текстильних тканин [5].

Алгоритм прогнозування параметрів фіто токсичності включає використання математичної моделі, яка описує взаємозв'язок розведення екстрактів відходу з величиною фіто ефекту у вигляді регресійного рівняння типу:

$$\lg R = -mET + b, \tag{2}$$

де ET – фіто ефект;

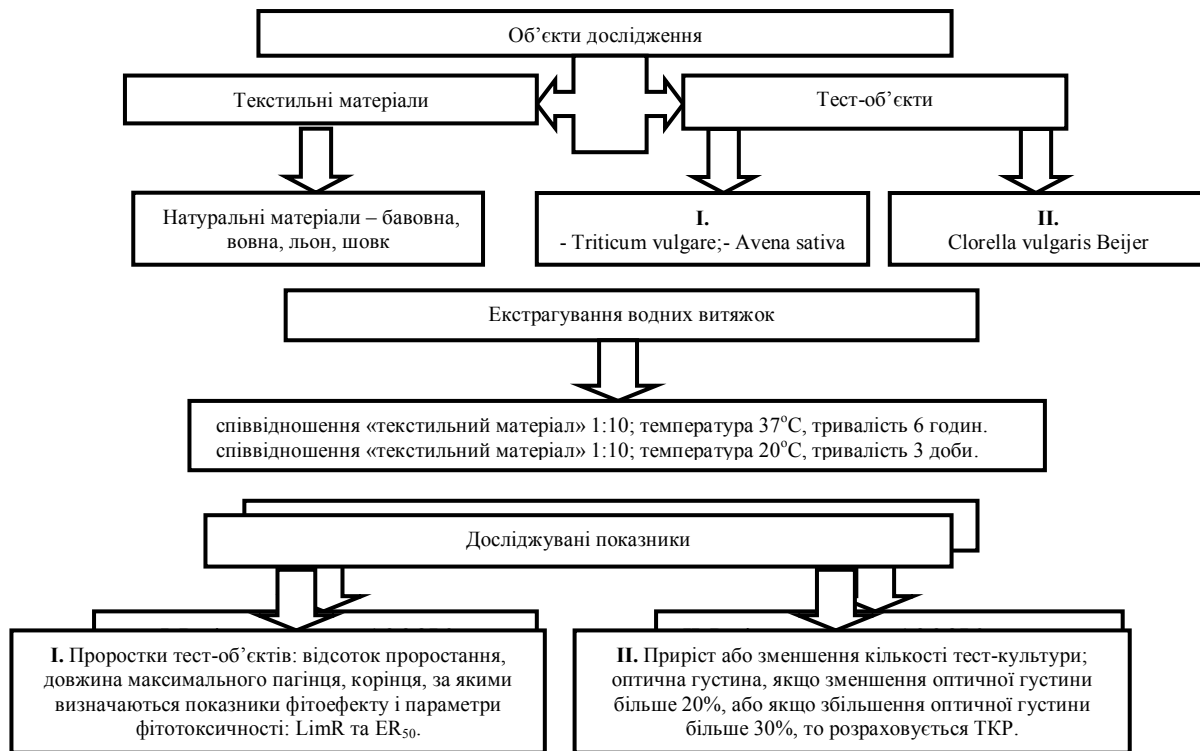


Рис.1. Схема проведення експериментальних досліджень

$R$  – розведення;

$m$  – коефіцієнт, що відповідає кожному значенню фітоэффекту;

$b$  – коефіцієнт регресії.

Визначення значень порогових ( $LimR$ ) і середньооефективний ( $ER_{50}$ ) розведень здійснюється шляхом розв'язку рівняння 2, щодо  $R$  при заданих величинах фітоэффекта ( $ET$ ), який при визначенні порога фітотоксичності приймається за 20%, а при визначенні середньооефективного розведення  $ET = 50\%$ . Клас небезпеки матеріалу встановлюється за величиною  $ER_{50}$  відповідно до критеріїв, представлених в таблиці 2.

Таблиця 2

## Категорії небезпечності відходів по фітотоксичній дії

Класи	1	2	3	4
Категорії небезпечності	надзвичайно небезпечні	високо небезпечні	помірно небезпечні	мало небезпечні
Величина $ER_{50}$	$>10^2$	$>10-10^2$	$>1-10$	$\leq 1$

Примітка: Якщо токсичний ефект зафіксований тільки при дії нативного екстракту, а його розведення проявляють індиферентність щодо насіння, то відходу автоматично присвоюється 4 клас небезпеки.

Санітарно-хімічні дослідження з використанням біотестування засновані на реєстрації відмінностей у величині оптичної густини тест – культури водорості *Chlorella vulgaris* Beijer, вирощеної на середовищі, що не містить токсичних речовин (контроль) і тестованих водних витяжок (дослід) [6].

Критерієм токсичності води є зниження на 20% і більше (пригнічення росту) або збільшення на 30% і більше (стимуляція росту) величини оптичної густини культури водорості, вирощуваної протягом 22 годин на тестованій воді в порівнянні з її зростанням на контрольному середовищі, приготовленому на дистильованій воді.

Величина токсичної кратності розбавлення ( $TKP$ ) води і водних витяжок, якщо перевищено критерій токсичності у вигляді 20% придушення зростання, розраховується за формулою:

$$TKP = 10 \frac{(I_6 P_6 - I_6 P_m)(I_6 I - 0.5)}{I_6 - I_6} + I_6 P_m \quad (3)$$

Якщо перевищено критерій токсичності у вигляді 30% стимулювання зростання, то розрахунок  $TKP$  проводиться за формулою:

$$TKP = 10 \frac{(I_6 P_6 - I_6 P_m)(I_6 I - 0.5)}{I_6 - I_6} + I_6 P_m \quad (4)$$

де  $P_6$  – величина розведення (більша), при якій індекс відхилення був нижче критерію токсичності;

$P_m$  – величина розведення (менша), при якій індекс відхилення був вище критерію токсичності;

$I_6$  і  $I_m$  – величини відповідні цим розведенням індексів відхилення у рості, виражених в частках. В якості  $P_6$  і  $P_m$  береться та пара найбільших розведень, між якими має місце перехід індексу величини

встановленого критерію токсичності.

При проведенні фіто тестування на насінні *Avena sativa* та *Triticum vulgare* отримано залежності фіто ефекту текстильних матеріалів від розведення екстракту текстильних матеріалів (рис. 2 – 5).

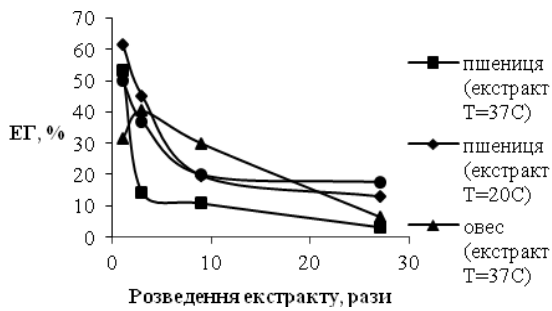


Рис. 2. Залежність фіто ефекту від розведення для витяжки з бавовни

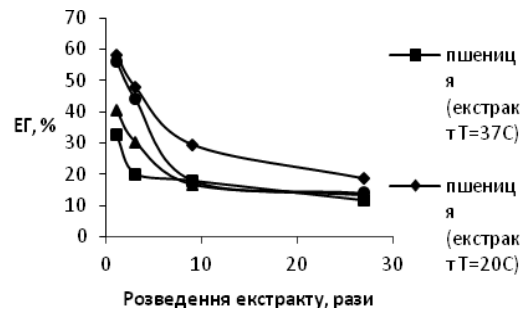


Рис. 3. Залежність фіто ефекту від розведення для витяжки з вовни

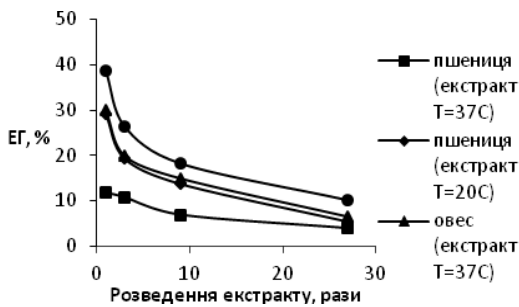


Рис. 4. Залежність фіто ефекту від розведення для витяжки з шовку

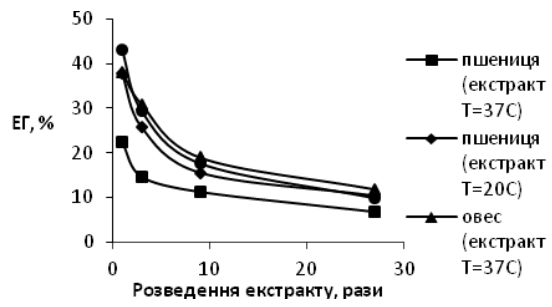


Рис. 5. Залежність фіто ефекту від розведення для витяжки з льону

При дослідженні методом фітотестування на різних фіто-об'єктах виявилось, що найбільш чутливі до компонентів водних витяжок спостерігається у насінні *Avena sativa*. Можна зазначити те, що результати фітотестування водної витяжки, яка отримана при температурі 37 °С показали, що при такій температурі концентрація речовин, які мігрують у воду значно вища, ніж при 20 °С. Серед натуральних тканин найбільшу токсичність проявляє бавовна, їх фіто ефект перевищує 20 %, що вказує на фітотоксичну дію тканини, а найменш токсичним є шовк.

Порогове та середньоєфективне розведення витяжок обраних натуральних тканин для двох фіто тест об'єктів наведенні в таблиці 3 – 4.

Таблиця 3

**Визначення ефективності розведення для *Triticum vulgare***

Назва матеріалу	T, °C	Регресійне рівняння	Коеф. кореляції	Lim R	ER <sub>50</sub>	Клас небезпеки
Бавовна	37	$y = -0,0243 \cdot x + 1,2054$	0,9773	5,2408	0,9781	4
	20	$y = -0,0268 \cdot x + 1,6465$	0,9583	12,8973	2,0965	3
Вовна	37	$y = -0,0664 \cdot x + 2,0719$	0,9103	5,5449	0,0564	4
	20	$y = -0,03448 \cdot x + 2,0497$	0,9875	22,5787	2,0403	3
Шовк	37	$y = -0,1655 \cdot x + 2,0946$	0,9587	0,06089	0,0007	4
	20	$y = -0,0616 \cdot x + 1,7573$	0,9893	3,3519	0,0475	4
Льон	37	$y = -0,0913 \cdot x + 1,9661$	0,9661	1,3807	0,0043	4
	20	$y = -0,0498 \cdot x + 1,8261$	0,9707	6,7624	0,2168	4

Фітотоксичний ефект зафіксований тільки при дії нативного екстракту, а його розведення не мають впливу на насіння, тому текстильному матеріалу – бавовні (екстракти при 20° С, при 37°С) присвоюється 4 клас небезпеки – мало небезпечні.

Фітотоксичний ефект зафіксований тільки при дії нативного екстракту (тест-об'єкт *Triticum vulgare*), а його розведення не мають впливу на насіння, тому текстильному матеріалу – вовні (екстракт при 37°С) присвоюється 4 клас небезпеки – мало небезпечні, а при 20°С присвоюється 3 клас небезпеки – помірно небезпечні.

Фітотоксичний ефект зафіксований тільки при дії нативного екстракту (тест-об'єкт *Triticum vulgare*), а його розведення не мають впливу на насіння, тому текстильному матеріалу – шовку (екстракт при 37°С, при 20°С) присвоюється 4 клас небезпеки – мало небезпечні.

Фітотоксичний ефект зафіксований тільки при дії нативного екстракту (тест-об'єкт *Triticum vulgare*), а його розведення не мають впливу на насіння, тому текстильному матеріалу – льону (екстракт при 37°С, при 20°С) присвоюється 4 клас небезпеки – мало небезпечні.

Визначення ефективності розведення для *Avena sativa*

Назва матеріалу	T, °C	Регресійне рівняння	Коеф. кореляції	Lim R	ER <sub>50</sub>	Клас небезпеки
Бавовна	37	$y = -0,0562 \cdot x + 1,6861$	0,8951	0,27791	0,0751	4
	20	$y = -0,039 \cdot x + 1,9282$	0,9323	14,0669	0,9510	4
Вовна	37	$y = -0,0381 \cdot x + 1,6733$	0,8953	8,1326	0,5865	4
	20	$y = -0,0292 \cdot x + 1,6784$	0,9349	41,6869	1,6534	3
Шовк	37	$y = -0,0625 \cdot x + 1,8309$	0,9845	3,8097	0,0508	4
	20	$y = -0,0503 \cdot x + 1,891$	0,9877	7,6736	0,2376	4
Льон	37	$y = -0,0523 \cdot x + 2,0174$	0,9892	0,261456	0,1068	4
	20	$y = -0,0421 \cdot x + 1,7634$	0,9849	8,3445	0,4554	4

Фітотоксичний ефект зафіксований тільки при дії нативного екстракту (тест-об'єкт *Avena sativa*), а його розведення не мають впливу на насіння, тому текстильному матеріалу – бавовні (екстракт при 37°C, 20°C) присвоюється 4 клас небезпеки – мало небезпечні.

Фітотоксичний ефект зафіксований тільки при дії нативного екстракту (тест-об'єкт *Avena sativa*), а його розведення не мають впливу на насіння, тому текстильному матеріалу – вовні (екстракт при 37°C) присвоюється 4 клас небезпеки – мало небезпечні, а при 20°C присвоюється 3 клас небезпеки – помірно небезпечні.

Фітотоксичний ефект зафіксований тільки при дії нативного екстракту (тест-об'єкт *Avena sativa*), а його розведення не мають впливу на насіння, тому текстильному матеріалу – шовку (екстракт при 37°C, 20°C) присвоюється 4 клас небезпеки – мало небезпечні.

Фітотоксичний ефект зафіксований тільки при дії нативного екстракту (тест-об'єкт *Avena sativa*), а його розведення не мають впливу на насіння, тому текстильному матеріалу – льону (екстракт при 37°C, 20°C) присвоюється 4 клас небезпеки – мало небезпечні.

Під час проведення біотестування з використанням культури водорості *Chlorella vulgaris* Beijer головним результатом досліджень була відносна різниця оптичної густини (рис. 6–9).

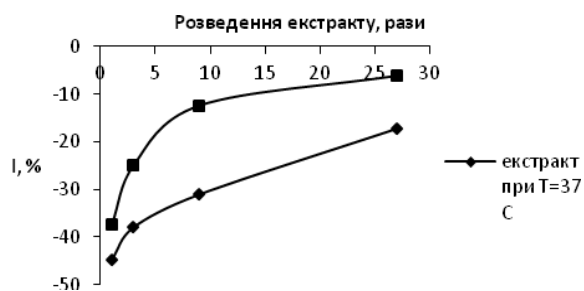


Рис. 6. Залежність відносної різниці оптичної густини від розведення для витяжки з бавовни

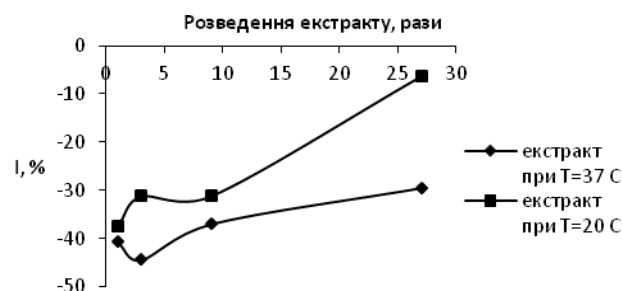


Рис. 7. Залежність відносної різниці оптичної густини від розведення для витяжки з вовни

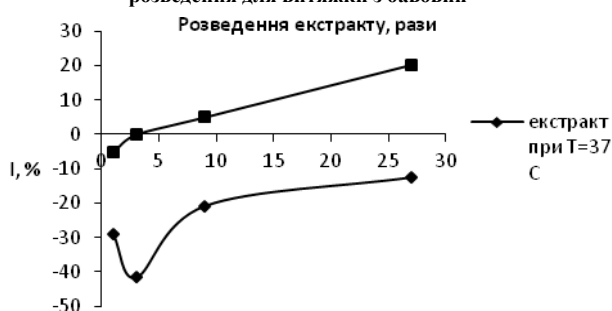


Рис. 8. Залежність відносної різниці оптичної густини від розведення для витяжки з льону

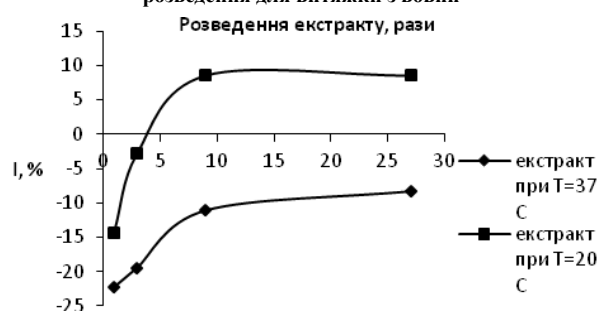


Рис. 9. Залежність відносної різниці оптичної густини від розведення для витяжки з шовку

Найбільша стимуляція росту водоростей, яка виходить за межу токсичності у 30 % відбувається у водній витяжці з вовни, отриманих при різних температурах. Пригнічення зростання характерно для витяжки для витяжок з льону та шовку, але лише для екстрактів отриманих при температурі 37°C і оскільки вона менше межі токсичності в 20 % ці тканини не можна вважати токсичними.

Так, як відносна різниця оптичної густини деяких водних витяжок натуральних тканин перевищує 30 % (стимуляція росту), визначено токсичну кратність розбавлення (ТКР) за формулою 3.

Розрахунок токсичної кратності розбавлення для бавовни (при 37°C, 6 год).

$$TKP = 10^{0,48} = 9,5 \text{ разів}$$

Аналогічно отримані значення токсичної кратності розбавлення для інших тканин та представлені у

таблиці 5.

Таблиця 5

**Результати розрахунку токсичної кратності розбавлення**

Тканина	ТКР, рази (при 37°C, 6 год.)	ТКР, рази (при 20°C, 3 доби)
Натуральні матеріали		
Бавовна	9,5	2
Вовна	15	10
Льон	7	26

Так як відносна різниця оптичної густини не перевищує вказані показники токсичності для шовку, тому водні витяжки цієї тканини не мають негативного впливу на *Chlorella vulgaris* Beijer.

**Висновки**

Наведено основні санітарно-гігієнічні та токсикологічні вимоги, що висуваються до текстильних матеріалів. Запропоновані методи для проведенню санітарно-хімічних досліджень по визначенню токсичності текстильних матеріалів з використанням фіто тестування та біотестування.

Досліджено вплив водних витяжок з натуральних тканин на різні тест-об'єкти. З метою встановлення токсичності текстильних матеріалів обрано показники: порогу розведення та середньо ефективного розведення, фіто ефекту при проведенні фітотестування; токсичної кратності розведення та відносної різниці оптичної густини при проведенні біотестування; концентрацію шкідливих речовин та суму відношень концентрацій до допустимої кількості міграції при проведенні фізико-хімічних досліджень.

Проведено фітотестування за допомогою насіння *Triticum vulgare* та *Avena sativa*. Встановлено вплив водних витяжок натуральних тканин на тест-об'єкти. Найвище значення фіто ефекту спостерігається у натуральній тканині – бавовні. Виявлено, що найчутливішим тест-об'єктом є *Avena sativa*, який найкраще підходить для проведення досліджень.

Проведено біотестування тканин з використанням *Chlorella vulgaris* Beijer. Встановлено, що показники відносної різниці оптичної густини найвищі у матеріалу льону, але значення не перевищує критерій токсичності 20%.

**Література**

1. Патлашенко О.А. Матеріалознавство швейного виробництва : підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / О.А. Патлашенко. — К. : Арістей, 2007. — 288 с.
2. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Матеріали та виробу текстильні, шкіряні і хутрові. Основні гігієнічні вимоги. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [www.zakon4/rada.gov.ua/laws/show/z0086-13](http://www.zakon4/rada.gov.ua/laws/show/z0086-13)
3. Методические указания по гигиенической оценке одежды и обуви из полимерных материалов [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [www.bestpravo.ru/sssrgn-pravo/r9w/htm](http://www.bestpravo.ru/sssrgn-pravo/r9w/htm)
4. Методические рекомендации по обоснованию класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности : МР 2.1.7.2297-07. – [Действует с 2007-28-10 ]. – М., 2007. – 9 с.
5. Исидоров В.А. Введение в химическую экотоксикологию / В.А. Исидоров. – СПб : Химиздат, 1999. – 144 с.
6. Биотестирование воды [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [www.eco.sfu-kras.ru/sites/.../Metodika\\_scenedesmus\\_4.pdf](http://www.eco.sfu-kras.ru/sites/.../Metodika_scenedesmus_4.pdf)

**References**

1. Patlashenko O.A. Materialoznavstvo shveinoho vyrobnytstva: pidruchnyk [dlia stud. vyshch. navch. zakl.] / O.A. Patlashenko. — K.: Aristei, 2007. — 288 s.
2. Pro zatverdzhennia Derzhavnykh sanitarnykh norm ta pravyl «Materialy ta vyroby tekstyl'ni, shkiriani i khutrovi. Osnovni hiiienichni vymohy. [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu do statii: zakon4/rada.gov.ua/laws/show/z0086-13
3. Metodicheskie ukazania po hygienycheskoi otsenke odezhdy i obuvy yz polymernykh materyalov. [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu do statii: [www.bestpravo.ru/sssrgn-pravo/r9w/htm](http://www.bestpravo.ru/sssrgn-pravo/r9w/htm)
4. Metodicheskie rekomendatsyy po obosnovaniyu klassa opasnosti otkhodov proyzvodstva y potrebleniya po fitotoksychnosti. : MR 2.1.7.2297-07.– [Deistvuet s 2007-28-10 ]. – M., 2007. – 9 s.
5. Ysydorov V.A. Vvedeniye v khymycheskuiu ekotoksykologiyu / V.A. Ysydorov - S-Pb.: Khymyzdat, 1999. - 144 s.
6. Byotestyrovaniye vody. [Elektronnyi resurs] – rezhym dostupu: [www.eco.sfu-kras.ru/sites/.../Metodika\\_scenedesmus\\_4.pdf](http://www.eco.sfu-kras.ru/sites/.../Metodika_scenedesmus_4.pdf)

Рецензія/Peer review : 20.11.2014 р.

Надрукована/Printed :29.11.2014 р.  
Рецензент: д.т.н., проф. С.А. Карван