

## ГРАФІЧНО-ЧИСЛОВИЙ СПОСІБ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ГІГІЄНИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВЗУТТЄВИХ МАТЕРІАЛІВ

*На основі механізму вологообмінних процесів у взутті, форм зв'язку вологи з матеріалом, обумовлених процесом потовиділення, запропоновано комплексний графічно-числовий спосіб оцінки гігієнічних властивостей матеріалів. Даний спосіб передбачає використання показників (гігроскопічність, вологовідача, паропроникність, капілярність, намочуваність), які відображають динаміку збільшення вмісту вологи в матеріалі в умовах паро-крапельного потовиділення.*

*The complex graphic-digital way of estimation of materials' properties on the basis of mechanism of moisture-exchange of footwear, the forms of co-relation of moisture with material conditioned by the process of perspiration is proposed. The given way assumes the use of indices (hygroskopy, moisture efficiency, vapor permeability, capability, absorbtivity), which reflects the dynamic increasing of moisture content in material in conditions of vapor-drop perspiration*

Ключові слова: потовиділення, вологопереніс, паро-крапельна, гігієнічні властивості, комфорт, гігроскопічність, вологовідача, паропроникність, капілярність, намочуваність.

### Вступ

Властивість людського організму підтримувати тепловий баланс забезпечується завдяки вирівнюванню кількості тепла, яку виробляє організм, з теплом, яке віддає тіло людини. Умови теплообміну є особливо важливими для кінцівок людини, адже вони є найбільш віддаленими від життєво важливих органів людини. Стопа людини, наприклад, при посередництві взуття, постійно контактує як з зовнішнім середовищем, так і з ходовою поверхнею. Теплопередача стопи людини в таких умовах здійснюється здебільшого випромінюванням, за рахунок інфрачервоної частини спектру, випаровуванням поту з поверхні шкіри та теплопровідністю.

Тому, взуття, з гігієнічної точки зору, повинно захищати стопу людини від охолодження чи перегріву. В процесі повсякденного носіння, взуття повинно сприяти підтримці комфорту, створювати сприятливий мікроклімат внутрівзуттєвого простору навколо стопи, забезпечувати відповідний волого-температурний режим за будь-яких мікрокліматичних умов зовнішнього середовища, включаючи умови закритого приміщення.

Дана проблема є особливо актуальною в умовах переважаючого сидячого способу діяльності людини, в закритих приміщеннях, при різко виражених дискомфортних факторах глобального потепління. Розширення асортименту штучних та синтетичних матеріалів для легкої промисловості не сприяє вирішенню проблем комфортності. Відсутні об'єктивні методи оцінки якості як гігієнічних властивостей штучних та синтетичних матеріалів, так і споживчих властивостей виробів.

Найбільш прийнятним способом оцінки гігієнічних властивостей матеріалів є комплексний метод А.Блажея, М.Н.Іванова, Є.С.Глайзера, згідно з якими в якості основних показників потрібно враховувати паропроникливість, гігроскопічність, тепловий опір [1]. Однак, недоліком даного методу є те, що у випадку використання натуральних матеріалів покритих полімерною плівкою, гідрофобізовано-модифікованих матеріалів, даний метод дає суперечливі дані, які не узгоджуються з результатами дослідного носіння взуття. Наявність матеріалу, полімерної плівки, котра служить для облагородження матеріалів, несуттєво впливає на зміну комплексного показника гігієнічних властивостей матеріалів, що слабо корелюється з результатами дослідного носіння.

Фізіологія людини як теплорегулюючої істоти полягає у тому, що терморегулювання її організму при різній температурі довкілля виконується рефлекторно [3]. Людина постійно віддає в навколишнє середовище тепло, однак, матеріали одягу та взуття здатні порушувати умови теплообміну, що безпосередньо визначає відчуття комфорту чи дискомфорту. Було встановлено, що теплої пори року причиною появи дискомфорту є відчуття «надмірної вологості», зумовлене потовиділенням. Першочерговою причиною появи даного відчуття є підвищення температури, яке змушує стопу виділяти піт. Слід відзначити, що відчуття надмірної вологості влітку може бути причиною інших неприємних відчуттів, тому відіграє основну роль при появі дискомфорту. Дане відчуття носій може відчувати при сидінні в теплих умовах закритого приміщення вже в перші 1–20 хв. дослідної носки [4].

При потовиділенні в закритому взутті збільшується вологість як внутрішніх матеріалів, так і поверхневого шару шкіри ступні людини, її рогового шару (явище мацерації) [2]. Це призводить до підвищення теплопровідності стопи, зміни теплозахисних властивостей матеріалів взуття (в першу чергу, внутрішніх матеріалів) і, відповідно, сприяє порушенню теплообміну стопи. Це, зазвичай, спостерігається в стані спокою, при сидінні респондента в теплому закритому приміщенні. При потовиділенні, теплообмін взуття різко збільшується, так як теплопровідність води в 24 рази більша теплопровідності повітря [3]. Відповідно, змінюються інші теплозахисні характеристики матеріалів взуття (тепловий опір, теплоємність, тепловіддача, температуропровідність).

З цієї причини стандартні методики визначення фізико-хімічних форм зв'язку вологи з матеріалом, їх кількісно-часові характеристики (гігроскопічність (16 год), паропроникливість (1 год), пароемність (8

год), вологовіддача (8 год)) і відповідно *фізико-механічної вологи* (намокаємість (2, 24 год), капілярність (1 год)), недостатньо моделюють реальні умови паро-крапельного потовиділення всередині взуття.

Для оцінки гігієнічних властивостей матеріалів потрібно розробити методики, які б кількісно визначали вологоперенос при одночасній дії на досліджуваній зразок крапель води та водяного пару, котрі моделюють потовиділення, в більш короткі проміжки часу.

#### Мета дослідження

Метою даного дослідження є вивчення процесу вологопереносу при потовиділенні та обґрунтування оптимальних гігієнічних вимог до взуття та критеріїв оцінки гігієнічних властивостей взуттєвих матеріалів для забезпечення максимального комфорту в процесі експлуатації взуття. Для досягнення мети досліджувались форми зв'язку вологи з матеріалами взуття, шкарпетки та показники, які характеризують гігієнічні властивості матеріалів.

#### Об'єкти і методи дослідження

Об'єктом дослідження є динаміка зміни вологи в матеріалах взуття при паро-крапельному потовиділенні в граничних умовах комфорту та дискомфорту системи «стопа – взуття – зовнішнє середовище». Предметом дослідження є різноманітні взуттєві матеріали, що можуть використовуватись для виготовлення взуття. Досліджувалась рівноважна вологість матеріалів при потовиділенні в напрямку – «стопа– шкарпетка– пакет матеріалів взуття– зовнішнє середовище». На основі градієнтів вологості та відчуттів респондентів визначалась форма зв'язку вологи з матеріалом. В дослідженні приймало участь 9 респондентів – студенти Мукачівського державного університету.

За стандартними методиками визначались основні гігієнічні показники досліджуваних матеріалів, котрі визначають комфорт стопи в процесі експлуатації взуття. Ваговим методом визначались *гігроскопічність*, яка характеризує здатність матеріалу сорбувати пари води, *вологовіддача* – здатність віддавати поглинуті пари води, *намочуваність* – здатність вбирати воду при безпосередньому контакті матеріалу з водою зовнішнього середовища, *паропроникність* – здатність матеріалу пропускати пари вологи. Зважування проводились на аналітичних вагах. Здобуті в дослідженнях дані оброблено методами математичної статистики за таблицями відсотків та їх помилок.

#### Результати досліджень

За результатами досліджень було встановлено, що стопа людини без фізичних навантажень в комфортних, кондеційних умовах закритого приміщення за годину виділяє 0,4– 1 г поту, при ходьбі – відповідно 2– 3 г поту. Для цього зважувались шкарпетки безпосередніх носіїв взуття. Для досліджень використовували шкарпетки з 100 % вмістом бавовни, використання шкарпеток було одноразовим на термін 45– 60 хв. При середній масі шкарпетки приблизно 13– 17 г приріст маси зволоженої шкарпетки в нормальних умовах складав 0,6– 0,8 г, що відповідає приблизно 5– 10 % приросту, тобто рівноважна вологість в перерахунку на шкарпетку, значно менше граничних умов – гігроскопічність матеріалу шкарпетки становила 16,3 %. Приріст маси шкарпетки досягнувши абсолютного верхнього порогу істотно не збільшився і становив 0,8– 0,85 г, що відповідає фізико-хімічній формі зв'язку вологи з матеріалом.

Були підраховані втрати маси шкарпетки, обумовлені потовиділенням через пакет матеріалів та нещільностями між стопою та взуттям, які становили при сидінні майже 35 %, при ходьбі, відповідно, більше 55 %. Для цього на одну з ніг поверх шкарпеток натягувався пакет із поліетилену з товщиною плівки 0,02 мм, який зважувався разом зі шкарпеткою після відповідного терміну експлуатації взуття (45– 60 хв).

Методом інтерполяції шляхом зважування шкарпеток, при відомому постійному значенні інтенсивності потовиділення за умов експерименту, було запропоновано схему розподілу маси поту в системі «стопа– пакет матеріалів взуття– зовнішнє середовище» в умовах дискомфорту (табл. 1).

Таблиця 1

Розподіл маси виділеного поту при дослідному носінні взуття

	Літературні дані * [5]	Дані отримані при дослідженні **
Маса поту, що випаровується через щілини між взуттям та стопою, %	15	Не менше 15
Піт, поглинутий підкладкою, %	70	20
Піт, поглинутий устілкою, %	15	10
Піт, поглинутий шкірою ступні, %	-	45
Піт, поглинутий шкарпеткою, %	-	10

- комфорт;

- \*\* дискомфорт (умови досліді: стан спокою, сидячи в закритому приміщенні; температура зовнішня – 31 °С; вологість – 66 %; тиск повітря – 765 мм. рт. ст.; температура в аудиторії 29 °С).

Така реструктуризація вологи, коли частина цієї вологи поглинається матеріалами, а частина залишається у взуттєвому просторі, зумовлює відповідні відчуття дискомфорту. Було підтверджено, що домінуючими відчуттями у даному випадку є «*потепління стопи*» та «*надмірна вологість*» у відповідності з раніше встановленими закономірностями [4]. Очевидно піт поглинутий поверхневим шаром шкіри ступні, що становить 45 % обумовлює фізико-механічну форма зв'язку вологи з поверхневим шаром ступні, завдяки

якій при посередництві температурних та тактильних аналізаторів мають місце неприємні відчуття при дискомфорті.

Тому для комплексної оцінки гігієнічних властивостей взуттєвих матеріалів необхідно враховувати:

- першочергово показники, що характеризують фізико-хімічну форму зв'язку вологи з матеріалом – *гігроскопічність, паропроникність, вологовіддача,*
- показники що характеризують фізико-механічну форму зв'язку вологи з матеріалом – *капілярність намочуваність.*

Наявність показників, котрі кількісно характеризують фізико-хімічну та фізико-механічну вологи згідно з класифікацією Ребіндера [5], з однієї сторони відображають умови паро-крапельного потовиділення, а з іншої сторони демонструють динаміку зміни вологи в напрямку – «стопа– шкарпетка– пакет матеріалів взуття– зовнішнє середовище».

Для порівняльної характеристики гігієнічних властивостей щодо здатності поглинати водяну пару та воду, досліджувались натуральні матеріали, які людина впродовж еволюції взуття використовувала в взуттєвому виробництві. Досліджувались наступні матеріали природного походження з відповідним волокнистим складом (колаген, целюлоза, кератин, фіброїн):

- сирець шкіри – шкіра, що пройшла операцію дублення;
- пробкове дерево з кори португальського дуба, монолітний фрагмент;
- вага високого гатунку виготовлена з бавовни;
- хутро овече, що пройшло обезжирення нефарбоване;
- зразок дерева – бук висушений в звичайних умовах;
- кора тополі висушена в звичайних умовах;
- натуральний шовк „кокон” лялечки гусені;
- пакля, продукт первинної переробки луб'яних волокон;
- фрагмент осинового гнізда-гідрофільний матеріал рослинного походження.

Результати випробувань підтверджують, що найкращим матеріалом, який володіє оптимальним комплексом гігієнічних показників є натуральна шкіра, яку прийнято розглядати як еталон (табл. 2).

Таблиця 2

#### Гігієнічні властивості взуттєвих матеріалів природного походження

Досліджуваний матеріал	Гігроскопічність, %	Вологовіддача, %	Намочуваність, %
Натуральна шкіра (колаген)	24	18	59
Пробкове дерево (целюлоза)	14,3	6	45
Бавовна (целюлоза)	18	14	200
Хутро (кератин)	20	16	300
Дерево (целюлоза)	14	14	35
Кора дерева (целюлоза)	18	21	82
Натуральний шовк (фіброїн)	24	13	86
Луб'яне волокно (целюлоза)	29,9	16	160
Модифікована целюлоза	21	17	52

На основі запропонованого механізму волого-обмінного процесу, коли показники в ряду *гігроскопічність>вологовідача>паропроникність>намочуваність>капілярність* відображають динаміку зміни вмісту вологи в матеріалі в умовах паро-крапельного потовиділення, запропоновано методику комплексної оцінки гігієнічних властивостей взуттєвих матеріалів – метод «п'ятикутника», в основі якого лежать кількісні та графічні способи оцінки властивостей (графічно-числовий метод).

Цей метод дає кількісну, більш точну інформацію про гігієнічні властивості взуттєвих матеріалів, які безпосередньо контактують з стопою людини, визначають рівень гігієнічних вимог до взуттєвих матеріалів (гігроскопічність, вологовідача, паропроникливість, намокаємість, капілярність) і першочергово обумовлюють ергономічні та експлуатаційні властивості взуття.

В п'ятикутнику необхідно виділити центр, відповідні трикутники, які ділять п'ятикутник на п'ять рівних частин. Кожен катет це відповідний найкращий (найвищий) показник натуральної шкіри в ряду (гігроскопічність, вологовідача, паропроникливість, намокаємість, капілярність табл. 2). Площу п'ятикутника, кількісно слід розглядати як «еталон» – рівень гігієнічних властивостей найкращого матеріалу – натуральної шкіри (сирець, що пройшов операцію дублення) рис. 1.

Тому для оцінки властивостей інших матеріалів, як натуральних, так і штучних, синтетичних шкір, відповідне значення показника, визначене за стандартною методикою, виставляють у масштабі щодо відповідного базового значення «еталону» (натуральної шкіри). Представлений ряд буде відображати динаміку зміни вмісту вологи в досліджуваному матеріалі в умовах

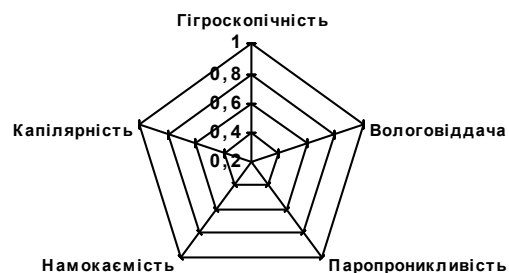


Рис. 1. Методологія комплексної оцінки гігієнічних властивостей взуттєвих матеріалів (графічно-числовий метод)

паро-крапельного потовиділення в порівнянні з натуральною шкірою.

Площа утвореного п'ятикутника є рівнем гігієнічних властивостей досліджуваного матеріалу. Відсоткове співвідношення площі досліджуваного матеріалу та «еталону» є комплексною оцінкою якості гігієнічних властивостей досліджуваного матеріалу – штучна шкіра на нетканій основі (рис. 2); натуральна шкіра хромового методу дублення з покриттям (рис. 3).

Співвідношення площ отриманих п'ятикутників становить 100 до 10,8, отже комплексна оцінка гігієнічних властивостей штучної шкіри на нетканій основі становить – 11 % (рис. 2). Відповідно, для натуральної шкіри хромового методу дублення комплексна оцінка гігієнічних властивостей становить 42 % (рис. 3). Погіршення гігієнічних властивостей натуральної шкіри хромового методу дублення в порівнянні з еталоном, очевидно, пояснюється наявністю полімерної півки на лицевій поверхні шкіри та жируванням, які сприяють гідрофобізації колагену.

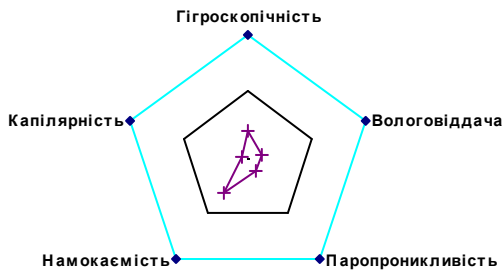


Рис. 2. Комплексна оцінка гігієнічних властивостей штучної шкіри

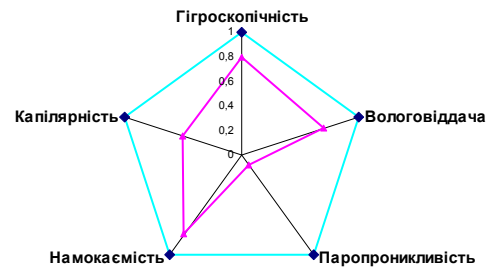


Рис. 3. Комплексна оцінка гігієнічних властивостей натуральної шкіри хромового методу дублення з покриттям

Визначалась комплексна оцінка гігієнічних властивостей текстильних матеріалів, котрі, як відомо, мають кращі гігієнічні властивості [5] в порівнянні з натуральною шкірою. Встановлено, що комплексна оцінка гігієнічних властивостей льняної тканини становить 188 % в порівнянні з «еталоном», натуральною шкірою (рис. 4).

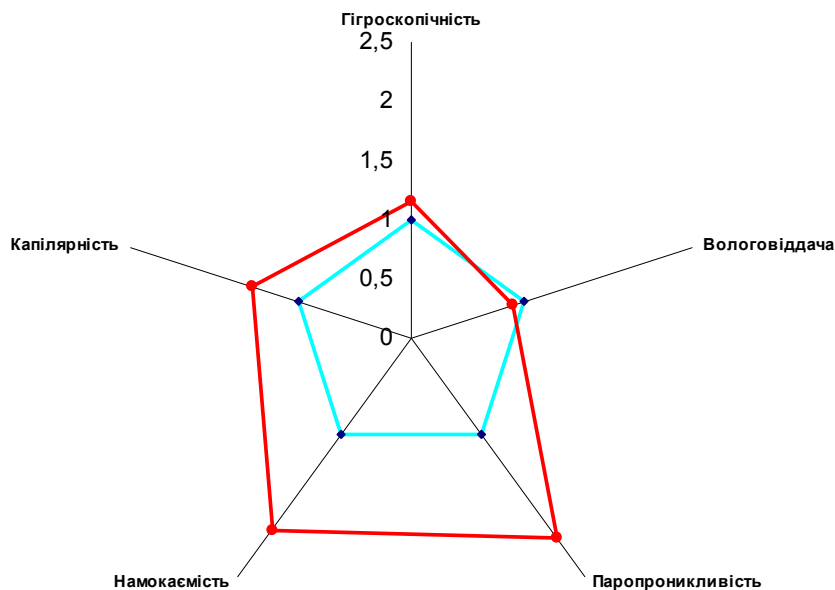


Рис. 4. Комплексна оцінка гігієнічних властивостей льняної тканини

### Висновки

Передумовою для забезпечення високих споживчих властивостей взуття є необхідність вибору взуттєвих матеріалів (в першу чергу, внутрішніх матеріалів взуття) з високими гігієнічними властивостями. Дана проблема є особливо актуальною в умовах переважаючого сидячого способу діяльності людини в закритих приміщеннях, при різко виражених дискомфортних факторах глобального потепління, адже інтенсивність потовиділення залежить від температури повітря навколишнього середовища і від закритості взуття. Шкарпетка, підкладка, вклядна устілка повинні бути виготовлені з матеріалів з високими гігроскопічністю, капілярністю, розвиненою пористістю, паропроникливістю та хорошою вологовіддачею. В умовах інтенсивного потовиділення, волога поту повинна швидше локалізуватись внутрішніми матеріалами, а потовиділення повинно бути оптимальним.

Запропоновано механізм реструктуризації вологи зумовлений потовиділенням, згідно з яким показники в ряду (гігроскопічність, вологовіддача, паропроникливість, намокаємість, капілярність, ) відображають динаміку збільшення вмісту вологи в матеріалі в умовах паро-крапельного потовиділення. Частина вологи від потовиділення, котра залишається в матеріалі, що безпосередньо контактує зі стопою,

визначає рівень гігієнічних властивостей взуття і взуттєвих матеріалів.

На основі механізму вологообмінних процесів у взутті, форм зв'язку вологи з матеріалом запропоновано графічно-числовий спосіб комплексної оцінки гігієнічних властивостей матеріалів з використанням «п'ятикутника» чи кола поділеного на сегменти у відповідності до кількості показників. Методика передбачає кількісно у відсотках оцінити гігієнічні властивості досліджуваного матеріалу по відношенню до еталону – базового матеріалу. В випадку необхідності методика може передбачати врахування вагомості відповідних показників. Дана методика може бути використана в кваліметрії як метод кількісної та комплексної оцінки гігієнічних властивостей матеріалів.

### Література

1. Михеева Е. Я. Современные методы оценки качества обуви и обувных материалов : книга [для инж. техн. раб. обув. пром.] / Е. Я. Михеева, Л. С. Беляев. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 248 с.
2. Фордзюн Ю. І. Дослідження потовиділення стопи людини в системі «стопа–взуття–зовнішнє середовище» для забезпечення гігієнічних вимог до взуттєвих матеріалів / Ю. І. Фордзюн, Т. Т. Рейс, К.М. Довжаніна // Вісник КНУТД. – 2008. – № 5, Т. 43. – С. 27–30.
3. Фордзюн Ю. І. Дослідження впливу вологи на гігієнічні та теплозахисні властивості натуральних матеріалів / Ю.І. Фордзюн, Б.Я. Хом'як // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. – 2008. – № 18, Т. 7. – С. 202–206.
4. Косовілка А. В. Дослідження психофізичного сприйняття дискомфорту при дослідному носінні взуття / А. В. Косовілка, Ю. І. Фордзюн // Вісник Мукачівського державного університету. – 2009. – № 7, Т. 2. – С. 35–42.
5. Зурабян К. М. Материаловедение изделий из кожи : учебник [для вузов] / К. М. Зурабян, Б. Я. Краснов, М. М. Бернштейн. – М. : Легпромбытиздат, 1988. – 416 с.

Надійшла 20.1.2011 р.

УДК 628.543

В.Л. ФИЛИПЧУК

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

## ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТИЧНИХ ВОД ВІД СВИНЦЮ

*Проведено дослідження та розроблена технологічна схема вилучення свинцю із виробничих стічних вод з багатокомпонентним складом забруднюючих домішок, що включають важкі метали та органічні компоненти. Показано, що глибоке очищення багатокомпонентних стічних вод від свинцю та інших важких металів можливе при застосуванні двоступеневого дозування коагулянтів із відповідним регулюванням рН середовища та відділенням малорозчинних сполук металів відстоюванням і двоступеневим фільтруванням.*

*Research is conducted the that developed technological withdrawal plan of lead from production flow waters with multicomponent composition of contaminating admixtures, that include heavy metals and organic components. It is rotined that the deep cleaning of multicomponent flow waters from lead and other heavy metals is possible at application of two-stage dosage of coagulants with the proper adjusting of rN environment and separation of littlesoluble connections of metals defending and dual filtrations.*

Ключові слова: багатокомпонентні стічні води, свинець, регулювання рН, коагулянт.

### Вступ

Стічні води, що вміщують свинець, є надзвичайно токсичними. Цей метал відноситься до першого класу небезпеки і має загальнотоксичну та мутагенну дію на живі організми й вкрай негативно впливає на репродуктивну функцію людини. З цих причин свинець жорстко лімітується в очищених стічних водах промислових підприємств. Так, при відведенні стічних вод у комунальні системи каналізації для більшості регіонів України гранично-допустимий скид (ГДС) по свинцю не повинен перевищувати 0,1–0,05 мг/дм<sup>3</sup>, а для скидання у водоймища та у питній воді лімітується в концентрації не більше 0,03 мг/дм<sup>3</sup>.

Свинець не є розповсюдженим металом у промислових стічних водах, однак на ряді підприємств, зокрема таких як виробництво підшипників ковзання, кришталевого скла, його концентрації у стічних водах можуть досягати значних величин (табл. 1).

Особливістю таких стоків є багатокомпонентність забруднень, яка вкрай негативно впливає на процеси вилучення важких металів [1]. Так, стічні води від виробництва підшипників ковзання вміщують також інші важкі метали (мідь, цинк, нікель, олово), широкий спектр органічних і комплексоутворюючих домішок, зокрема алкілсульфонову кислоту, суміш поверхнево-активних речовин. Стічні води від виробництва кришталевого скла мають у своєму складі колоїдні частинки скла і шліфувальних паст, а також цинк та органічні компоненти. Таким стічним водам притаманні значні коливання концентрацій забруднень, величини активної реакції середовища рН.