

**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ФАКУЛЬТЕТ БІОЛОГІЧНИЙ**

**Кафедра загальної та прикладної екології і зоології**

**Кваліфікаційна робота**  
**магістра**

на тему ВПЛИВ ОКИСНО-ВІДНОВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПИТНОЇ ВОДИ НА  
ЗАРЯД ЯДЕР КЛІТИН БУКАЛЬНОГО ЕПІТЕЛІЮ ЛЮДИНИ

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1018  
спеціальності 101 екологія, освітньої програми  
екологія та охорона навколишнього середовища

Водолазський Д. Є

Керівник зав. каф., проф., д. б. н., Рильський О. Ф.

Рецензент доц., доц., к. б. н. Костюченко Н. І.

Запоріжжя – 2019

## ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет біологічний  
 Кафедра загальної та прикладної екології і зоології  
 Освітній рівень магістр  
 Спеціальність 101 екологія  
 Освітня програма екологія та охорона навколишнього середовища

### ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри загальної та  
 прикладної екології і зоології,  
 д.б.н., проф.

\_\_\_\_\_ О.Ф. Рильський

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 року

### ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Водолазькому Дмитру Євгеновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Вплив окисно-відновного потенціалу питної води на заряд ядер клітин букального епітелію людини

керівник роботи Рильський Олександр Федорович, д.б.н, професор  
 затверджена наказом ЗНУ від « 12 » червня 2019 року № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом роботи грудень 2019 року

3. Вихідні дані до роботи: дипломна робота бакалавра на тему «Метод отримання водневої води для поліпшення якості питної води».

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1) дати загальну характеристику показника окисно-відновного потенціалу води та його властивостей; 2) охарактеризувати значення редокс-потенціалу води та механізми впливу цього показника на організм; 3) дослідити вплив розчинів з різним ОВП на заряд ядер клітин людини.

5. Перелік графічного матеріалу: Таблиця 1.1–1.3, 2.1, 3.1–3.14, Рисунок 1.1–1.5, 2.1–2.2, 3.1

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	КОНСУЛЬТАНТ	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Притула Н. М.		

7. Дата видачі завдання 11.02.2018р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Огляд наукової літератури. Написання розділу 1	жовтень – грудень 2018	Виконано
2.	Засвоєння техніки безпеки під час виконання експериментальної частини. написання відповідного розділу	січень – лютий 2018-2019	Виконано
3.	Проведення експериментальних досліджень, оформлення результатів досліджень. Статистична обробка даних Написання відповідного розділу	березень – квітень 2019	Виконано
4.	Оформлення кваліфікаційної роботи магістра	травень – вересень 2019	Виконано
5.	Передзахист. Рецензування кваліфікаційної роботи	жовтень – грудень 2019	Виконано
6.	Захист кваліфікаційної роботи	січень 2020	Виконано

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Водолазкий Д. Є.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Рильський О. Ф.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_

(підпис)

Притула Н. М.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Дана робота розміщена на 78 сторінках друкованого тексту, містить 18 таблиць, 8 рисунків. Список літератури включає 64 джерела.

Об'єкт дослідження – розчини з різним окисно-відновним потенціалом.

Мета роботи полягає у здійсненні порівняльного аналізу впливу окисно-відновного потенціалу води на організм людини.

В результаті проведення дослідження було експериментально доведено можливість зниження окисно-відновного потенціалу води шляхом її барботування воднем. Однак її унікальні фізико-хімічні властивості втрачаються з плином часу (як і в католіту). Воднева вода продемонструвала кращий вплив на живі організми (ростовий тест, електрофоретична рухливість клітин) у порівнянні з іншими зразками.

Новизна роботи – вперше було застосовано метод визначення електрофоретичної рухливості клітин букального епітелію людини у дослідженні впливу окисно-відновного потенціалу води на заряд ядер клітин.

Значущість роботи – результати дослідження виявили негативний вплив електрохімічно активованої води з додатнім окисно-відновним потенціалом на клітини людського організму.

Результати дослідження можуть бути використанні для біотестувальних досліджень та подальшого дослідження впливу редокс-потенціалу води на організм людини.

**ВОДНЕВА ВОДА, КАТОЛІТ, АНОЛІТ, ОКИСНО-ВІДНОВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ, БУКАЛЬНИЙ ЕПІТЕЛІЙ**

## ABSTRACT

This work is placed on 78 pages of the printed text, contains 18 tables, 8 figures. The list of references includes 64 sources.

The object of research is solutions with different redox potential.

The aim of the work is to carry out a comparative analysis of the effect of redox potential of water on the human body.

As a result of the study, the possibility of reducing the redox potential of water by bubbling it with hydrogen was experimentally proved. However, its unique physical and chemical properties are lost over time (as in catholyte). Hydrogen water demonstrated a better effect on living organisms (growth test, electrophoretic cell mobility) compared to other samples.

Novelty of the work – for the first time the method of determination of electrophoretic mobility of human buccal epithelium cells was applied in the study of the influence of redox potential of water on the charge of cell nuclei.

Significance of the work – the results of the study revealed the negative impact of electrochemically activated water with a positive redox potential on the cells of the human body.

The results of the study can be used for biotest research and further study of the effect of redox potential of water on the human body.

HYDROGEN WATER, CATHOLYTE, ANOLYTE, REDOX POTENTIAL,  
BUCCAL EPITHELIUM

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,  
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

НДІ – науково-дослідний інститут

ОВП – окисно-відновний потенціал

ЕХА – електрохімічна активація

pH – водневий показник

rH – окисно-відновний потенціал

mV – мілівольти

XSE – хлор-срібний електрод

NVE – нормальний водневий електрод

A – аноліт

АН – аноліт нейтральний

АЛ – аноліт лужний

K – католіт

КН – католіт нейтральний

КК – католіт кислий

АТФ – аденозинтрифосфорна кислота

ФНП – фактор некрозу пухлини

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	8
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	9
1.1 Відкриття властивостей «живої» та «мертвої» води .....	9
1.2 Методи отримання активованої води .....	10
1.3 Редокс-потенціал активованої води та його вимірювання .....	12
1.4 Фактори фізико-хімічної активності ЕХА-розчинів .....	16
1.5 Окисно-відновний потенціал води .....	19
1.6 Воднева вода.....	23
1.6.1 Вплив водню на організм людини .....	24
1.6.2 Вплив водневої води на біоенергетичні процеси .....	27
1.6.3 Вплив водневої води на проростання насіння рослин .....	29
1.7 Киснева вода.....	30
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	32
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА .....	38
3.1 Дослідження впливу ОВП води за допомогою ростового тесту.....	38
3.2 Дослідження зміни фізико-хімічних показників активованої води ....	43
3.3 Дослідження впливу води з різним окисно-відновним потенціалом на заряд ядер клітин букального епітелію людини .....	44
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	47
4.1 Інструкція при роботі з електроприладами .....	47
4.2 Інструкція при роботі за персональним комп'ютером.....	50
ВИСНОВКИ.....	60
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ .....	61
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	62
ДОДАТКИ.....	70

## ВСТУП

Вода є основою життя на Землі. На неї припадає більша частина маси тіла усіх без виключення організмів. Крім того, вода є ще й середовищем існування багатьох організмів. Однак попри таку важливість води, її властивості ще не достатньо вивчені. Серед таких властивостей можна виділити окисно-відновний потенціал (ОВП), відхилення якого пов'язані з процесом активації води. Цей параметр, залежно від величини, може стимулювати чи пригнічувати життєво-важливі біохімічні процеси, впливаючи на стан здоров'я людини.

Актуальність даної роботи зумовлена тим, що ОВП водогінної води завжди додатній (від +200 до +300 мВ), у той час як за рекомендацією ВООЗ він не повинен бути більшим за +60 мВ. Отже, потрібно дослідити вплив різних значень ОВП питної води на здоров'я людини та запропонувати доступний спосіб вирішення даної проблеми.

Мета роботи полягає у здійсненні порівняльного аналізу впливу окисно-відновного потенціалу води на організм людини.

Об'єкт дослідження – розчини з різним окисно-відновним потенціалом.

Предмет дослідження – вплив водневої води на заряд ядер клітин людини.

В ході дослідження передбачається вирішити такі завдання:

- дати загальну характеристику показника окисно-відновного потенціалу води та його властивостей;
- охарактеризувати значення окисно-відновного потенціалу води та механізм впливу цього показника на організм;
- дослідити вплив розчинів з різним ОВП на клітини людини.



## 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

### 1.1 Відкриття властивостей «живої» та «мертвої» води

Швидше за все, активована вода вперше була отримана у результаті взаємодії гірських порід із підземними водами ще задовго до «повторного» відкриття властивостей електрохімічно активованих (ЕХА) розчинів. Про це свідчать численні згадки про лікувальні властивості джерельної води, відомі з давніх часів. Існування такого природного геодезичного електролізера є цілком можливим за умови наявності мінеральних порід, котрі здатні легко віддавати та приймати електрони (своєрідні прообрази анода та катода). Наприклад, лікувальні джерела, в надрах котрих присутні пласти мінералів, котрі мають велику різницю потенціалів (мідь та цинк або кальцій та нікель). Цинк у такому природному електролізері буде виступати донором електронів, а мідь – акцептором [1].

Таким чином, лікувальні властивості деяких мінеральних вод можна пояснити не лише унікальним мінеральним складом, а й властивостями активованих розчинів – результатів електролізу. Доказом цього може слугувати той факт, що мінеральні води мають таку ж властивість, що й «жива» вода – з плином часу вони втрачають свої лікувальні властивості [1].

Повторне відкриття властивостей ЕХА-розчинів відбулось у 1974 році і пов'язане з діяльністю групи вчених Мінгазпрому СРСР [2].

У лабораторії електротехнології Середньоазіатського НДІ природного газу (зав. лаб. В.М. Бахір) було встановлено, що бурові розчини, приготовані на основі католіту технічної води з різним ступенем мінералізації, проявляли ряд корисних властивостей, котрі не проявляли розчини, приготовані на основі необробленої води, а саме: утворення дрібнодисперсних однорідних суспензій, які не розшаровувалися з часом; зміна в'язкості розчинів. Під час контакту ЕХА-розчинів з гірськими породами, зростала їх змочуваність, що сприяло розм'якшенню порід. Показники водовіддачі бурових розчинів суттєво

зростали. Витрати реактивів, які додавали у бурові розчини, приготовані на основі обробленої води, для регулювання рН, зменшились у 10–100 разів, що суттєво збільшувало економічний ефект [3].

Робітники бурових установок помітили, що під час купання у ємностях, наповнених католітом, у них покращувалось самопочуття, виліковувались екзематозні процеси на шкірі, прискорювалось загоєння саден. Вплив католіту на шкіру також попереджував появу сонячних опіків. У свою чергу, аноліт демонстрував бактерицидні, в'язучі та коагулюючі властивості [3].

Сукупність цих властивостей ЕХА-води дали привід називати католіт «живою» та, відповідно, аноліт – «мертвою» водою. Ці терміни відносно ЕХА-розчинів вперше ввів В. М. Латишев. Після 1985 р. групи дослідників у Ташкенті, Казані та Нижньокамську розробили власні підходи розвитку ЕХА [3].

## 1.2 Методи отримання активованої води

Активованою можна назвати будь-яку субстанцію, в котрій внаслідок зовнішнього впливу запас внутрішньої енергії є нерівноважним для даних значень тиску та температури. Іншими словами, активація – довготривалий нерівноважний стан [2].

«Жива» та «мертва» вода – різновиди активованої води. На сьогодні існує декілька способів активації води, серед яких найпоширенішими є: змочування металічного магнію у воді, барботування води воднем та електроліз (електрохімічна активація). Перші два методи дають лише так звану «живу» або, як її ще називають, водневу воду (воду, насичену воднем). Електроліз дає як «мертву» (аноліт), так і «живу» воду (католіт). Хоча католіт є по-суті водневою водою, отриманою шляхом електролізу, у даній роботі поняття водневої води стосуватиметься лише води, насиченої воднем шляхом

барботування, оскільки відхилення ОВП в катоді спричинене не тільки наявністю водню, а й іншими чинниками [4, 5, 6].

Електрохімічна активація води відбувається в електролізері – приладі, який складається з ємності та двох електродів (рис. 1.1). В ємності, яка розділена напівпроникною мембраною, по обидві сторони знаходяться електроди (катод та анод). Через них під дією електричного поля в об'ємі води проходить електричний струм, за рахунок якого в електроліті створюється різниця потенціалів та відбувається перенесення іонів та електронів через мембрану. В результаті ЕХА в катодній камері отримують католіт, у анодній – аноліт [7, 8].

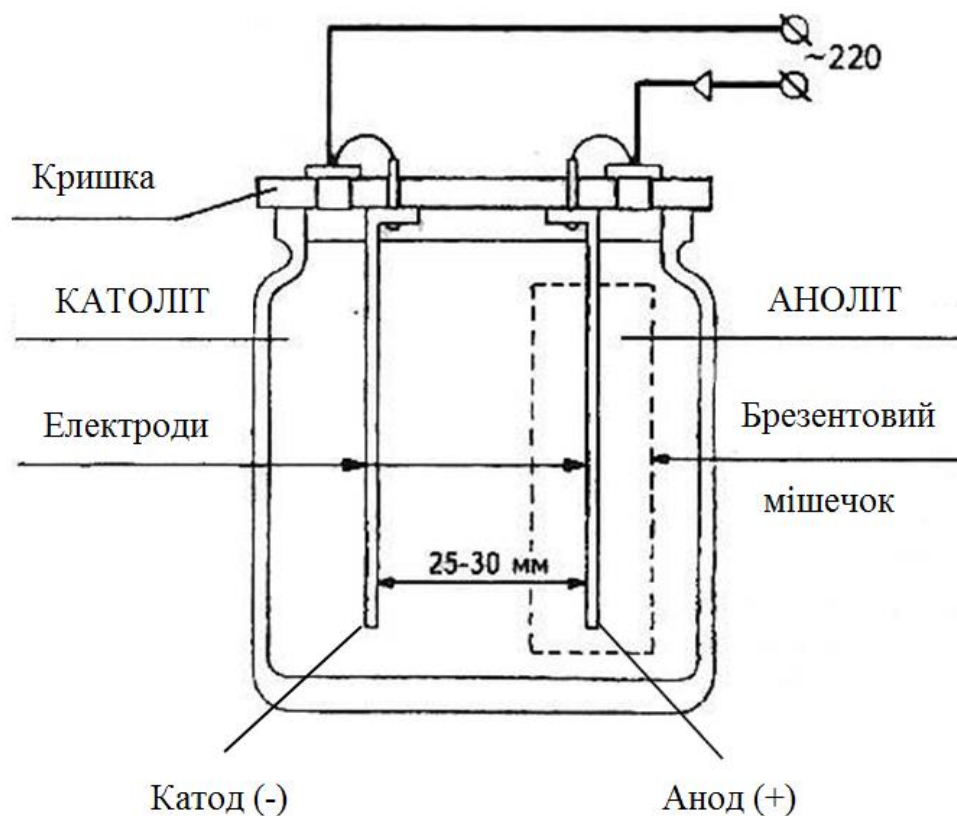


Рисунок 1.1 – Схема електролізера [9]

«Жива» вода має лужні властивості та від’ємний ОВП, а «мертва» має кислотні властивості та додатній редокс-потенціал. Як відомо, лужне середовище сприяє життєдіяльності, а кислотне – пригнічує [9].

Для процесу активації, до речі, придатна водопровідна вода (кип’ячена та некип’ячена), джерельна або колодязна вода, не забруднена промисловими та побутовими відходами. [9].

У католіті можуть утворюватися білі пластівці – це нешкідливі солі кальцію, яких можна легко позбутись шляхом фільтрування [9].

«Жива» вода лужна на смак та прозора, а «мертва» – темніша та кислувата [9].

Окрім цих методів, є й більш екзотичні: омагнічування, термообробка, дегазація, обробка ультразвуком, лазерна активація [10]. Але оскільки усі вони не супроводжуються зміною хімічного складу чи ОВП, то їхню ефективність можна поставити під сумнів.

### 1.3 Редокс-потенціал активованої води та його вимірювання

Окисно-відновний потенціал (редокс-потенціал) характеризує активність відновників та окисників будь-якого водного розчину, а отже здатність водного розчину віддавати або приймати електрони [11].

Показники окисно-відновного потенціалу речовин використовують у біохімії, де його виражають в умовних одиницях гН (*reduction Hydrogenii*). Для переведення одиниць гН у мілівольти використовують формулу Нернста [12]:

$$\text{гН} = \frac{E_h + 200}{30} + 2\text{pH}, \quad (1.1)$$

де:  $E_h$  – окисно-відновний потенціал, мВ; pH – водневий показник.

Усі біохімічні реакції, котрі лежать в основі життєдіяльності організму – це реакції окиснення та відновлення [11, 12].

Стандартний ОВП ( $\phi_0$ ) для окремих редокс-пар вимірюють наступним чином. В якості стандартного датчика використовують нормальний водневий електрод, який являє собою хімічну систему  $H^+/H_2$  при  $pH = 0$  (тобто 1 молярний розчин іонів водню) за тиску 1 атм. та температури  $+25\text{ }^\circ\text{C}$ . Його розміщують у камері № 1, а в аналогічну камеру № 2 – досліджувану систему окисника та відновника в рівноважних одномолярних концентраціях при 1 атм. та  $+25\text{ }^\circ\text{C}$ . Камери 1 та 2 з'єднують між собою агаровим містком, який забезпечує електропровідність. У них занурюють електроди з інертного металу (зазвичай з платини) та з'єднують шунтом, обладнаним високоомним вольтметром для реєстрації напруги струму [3].

Однак слід мати на увазі, що значення ОВП, виміряні з допомогою системи платинового та хлор-срібного електроду (ХСЕ), будуть перевищувати приблизно на 200 мВ значення, отримані з допомогою системи платинового та нормального водневого електродів (НВЕ) [3].

Під час вимірювання можна спостерігати наступні явища [3]:

1) Редокс-система в камері № 2 виявляє електродонорні властивості по відношенню до системи  $H^+/H_2$  у камері № 1. У цьому випадку електрод у камері № 2 заряджений негативно по відношенню до електроду в камері № 1 та електрони рухаються від камери № 2 до камери № 1. Виникаючий при цьому ОВП реєструється як негативний відносно нормального водневого електроду (НВЕ) за вказаних умов.

2) Редокс-система у камері № 2 є електроноакцепторною по відношенню до НВЕ. Електрод у камері № 2 заряджається позитивно відносно електроду у камері № 1. Переміщення електронів – від камери № 1 до камери № 2. ОВП реєструється як позитивний відносно НВЕ за тих же умов.

3) Донорно-акцепторні властивості хімічних систем у камерах № 1 та № 2 однакові, що відповідає  $ОВП = 0$  мВ, НВЕ. У цьому випадку система  $H^+/H_2$  у водному розчині при  $pH = 7,0$  при тиску 1 атм. та температурі  $+25\text{ }^\circ\text{C}$  має

ОВП = (-0,42) вольт відносно самої себе за тих же умов, але при  $pH = 0$ , що зазвичай позначається як ОВП водню за шкалою НВЕ.

Окисно-відновні характеристики ЕХА-води неможливо відтворити неелектрохімічним шляхом. Так значення ОВП звичайних (неактивованих) хімічних розчинів визначаються співвідношенням у них концентрацій відновлених (донорів електронів) та окиснених (акцепторів електронів) хімічних форм. Якщо у дистильованій воді у заданих пропорціях розчинити відновлену та окиснену форми будь-якої сполуки, то утвориться хімічна редокс-пара. При зануренні у цей розчин системи різнорідних електродів (наприклад, платинового та хлор-срібного) без будь-яких перегородок у міжелектродному просторі між цими електродами виникне електричний потенціал. Даний потенціал буде змінюватись цілком передбачуваним чином при зміні співвідношень компонентів редокс-пари шляхом внесення у розчин відповідних реактивів [3].

Якщо ж внести у таку хімічну систему в надлишку сильний окисник або відновник іншого молекулярного складу, то буферна ємкість раніше існуючої редокс-пари буде вичерпана. Відповідно ОВП отриманої суміші будуть характеризувати крайні ступені відновлення (при надлишку відновника) або окиснення (при надлишку окисника), тобто мілівольтметр зафіксує ОВП, притаманний для концентрованих сильних відновників чи окисників [3].

При електролізі водно-солевих розчинів з високим рівнем мінералізації значні зрушення  $pH$  та ОВП можна пояснити електрохімічним синтезом великих кількостей кислот та лугів. Однак із вдосконаленням технічних засобів електрохімічної обробки водних середовищ, було сконструйовано електролізери діафрагменного типу, здатні до уніполярної (катодної та (або) анодної) обробки воді з низьким рівнем мінералізації (0,01 – 0,2 г/л). За таких умов неможливо досягти високих концентрацій кислих або лужних продуктів електролізу. Тим не менш, після анодної та (або) катодної обробки прісної, ультрапрісної та навіть дистильованої води отримують аноліт та католіт, тотожні за характеристиками  $pH$  та ОВП дуже концентрованим розчинам

кислот та лугів. При цьому в аноліті та католіті можливі такі поєднання рН та ОВП, які взагалі не можуть існувати в звичайних хімічних розчинах, які не були піддані електрохімічній обробці [3].

У лабораторних умовах було отримано наступні поєднання крайніх значень рН та ОВП у розчинах хімічних реактивів: концентрована сірчана кислота рН = 0,3; ОВП = 680 мВ, ХСЕ; насичений розчин КОН рН = 12,3; ОВП = (-60) мВ, ХСЕ. При розбавленні цих розчинів водою спостерігалась зміна рН в бік значень рН розчинника (води). Зрушення рН супроводжувались зміною ОВП, коефіцієнт якої склав приблизно 60 мВ на одиницю рН. Тобто значення рН та ОВП є коваріантними [3].

Величина ОВП природних вод варіює в межах від -400 до +700 мВ. Такий діапазон значень ОВП пояснюється перебігом у воді різноманітних окисно-відновних реакцій. Величина ОВП в деякій мірі характеризує хімічний склад води [12].

В електрохімічно активованих розчинах на основі водно-мінеральних середовищ з різним рівнем мінералізації крайні значення рН та ОВП наступні [3]:

- для аноліту: рН = 0 – 1,0; ОВП = 1000 – 1150 мВ, ХСЕ;
- для католіту: рН = 11,5 – 12,5; ОВП = від (-750) до (-850) мВ, ХСЕ.

ЕХА-розчини, а також розчини речовин, отриманих шляхом електрохімічного синтезу, на відміну від неактивованих середовищ, мають широкий діапазон варіацій коваріант рН – ОВП (табл. 1.1), що дає практично необмежені можливості комбінування рН та ОВП незалежно від знаку ОВП.

Тобто у розчинах, що пройшли уніполярну (анодну та (або) катодну) обробку можна досягти будь-якого сполучення значень рН (кислий, нейтральний, лужний) та ОВП (позитивний, рівний нулю та негативний за шкалою ХСЕ). У типовому випадку з допомогою діафрагменних електролізерів можна отримати аноліт (А) з кислим рН та позитивним ОВП та католіт (К) з лужним рН та від'ємним ОВП. Водні середовища, оброблені біля аноду завжди набувають електроноакцепторних властивостей, але не обов'язково стають

кислими. З допомогою спеціальних технологічних прийомів можна отримати аноліт з високими показниками ОВП, але з нейтральним чи взагалі лужним рН. Такі розчини називають відповідно анолітом нейтральним (АН) та анолітом лужним (АЛ). Аналогічно можуть бути синтезовані зразки католіту нейтрального (КН) та католіту кислого (КК), котрі виявляють електродонорні властивості отриманими під час катодної обробки. Розчини типу АН з поєднанням нейтральних рН =  $7 \pm 1$  та окисного потенціалу вище 550 мВ, ХСЕ або КН з поєднанням рН =  $7 \pm 1$  та відновлювального потенціалу нижче (-150) мВ, ХСЕ, не мають аналогів серед неактивованих розчинів неорганічних чи органічних сполук. Ще більш унікальними є ЕХА-середовища з різко парадоксальними комбінаціями типу АЛ та КК [3].

Таблиця 1.1 – Показники різниці максимальних та мінімальних емпіричних значень ОВП у неактивованих та в активованих розчинах за фіксованого рН [3]

Тип розчину	Різниця (мВ) максимальних та мінімальних значень ОВП за фіксованого рН		
	рН = 3,5	рН = 7,0	рН = 10,5
Неактивовані	600	750*	500*
ЕХА-розчини	1050	1750*	1350*

Примітка: \* – різницю обчислено з урахуванням максимуму ОВП, зареєстрованого за даного рівня рН у розчинах хлорного вапна різних концентрацій.

#### 1.4 Фактори фізико-хімічної активності ЕХА-розчинів

Існує попередня версія про співвідношення понять електролізу та ЕХА. Її суть полягає у наступному: розкладання води електричним струмом – це фізико-хімічна модифікація складу води, пов'язана з появою у ній іонів  $H^+$ ,



ОН<sup>-</sup>, гідратів окисів металів, кислот, перекисних сполук та радикалів, вільного хлору, озону, перекису водню, аніона гіпохлориту і т.д. ЕХА у свою чергу означає набуття модифікованою водою таких властивостей, котрі виходять за межі суто хімічних перетворень. Так, якщо розчинити чисті продукти електролізу в дистильованій воді, то це буде імітацією електролізу, але не ЕХА. У випадку електролізу водно-мінерального середовища відбуваються численні, різноманітні, у значній мірі унікальні реакції. Термін «активація» передбачає посилення електронодонорних чи електроноакцепторних властивостей водно-мінерального середовища або води (у тому числі зразків демінералізованої води), котрі виражаються в обміні енергією між розчином або водою з речовиною електроду на основі процесу переносу вільних електродів [2].

На основі експериментів з електрохімічної активації, здійснених з допомогою електролізерів різних типів було досліджено групи факторів, зумовлюючих фізико-хімічну активність аноліту та католіту [3]:

- 1) стабільні продукти електрохімічних реакцій (стабільні кислоти, основи і т.д.);
- 2) високоактивні нестійкі продукти електрохімічних реакцій з періодом існування до десятків годин (у тому числі вільні радикали);
- 3) довгоіснуючі квазістійкі структури, що сформувалися в області від'ємного заряду біля поверхні електродів, як у вигляді вільних структурних комплексів, так і у вигляді гідратованих оболонок іонів, молекул, радикалів та атомів.

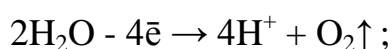
Фактори першої групи визначають в основному кислотні та лужні властивості ЕХА-середовищ, які зумовлюють значення рН. Фактори другої групи посилюють окисні (електроноакцепторні) властивості аноліту, а також відновні (електронодонорні, противоокисні) властивості католіту, які зумовлюють аномальні характеристики ОВП. Фактори третьої групи надають ЕХА-середовищам каталітичні (у тому числі біокаталітичні) властивості [3].

Фактори другої та третьої груп можна отримати лише в унікальних умовах електрохімічного синтезу. Довгоіснуючі квазістійкі структури в ЕХА-

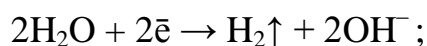
середовищах виникають біля поверхні електродів в електричному полі напруженістю до кількох мільйонів вольт на сантиметр. Вони викликають модифікацію активаційних енергетичних бар'єрів між взаємодіючими атомно-молекулярними компонентами, здійснюючи таким чином активацію електрохімічно обробленої води за показниками каталітичної активності [3].

У спрощеній формі основні процеси, що протікають в електролізері, можна уявити наступним чином [3, 7]:

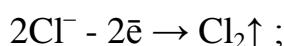
1) окиснення води на аноді:



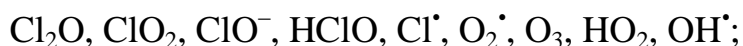
2) відновленні води на катоді:



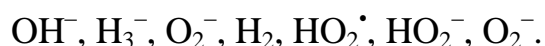
3) утворення газоподібного хлору у розчинах хлоридів на аноді:



4) синтез високоактивних окисників в анодній камері:



5) утворення високоактивних відновників у катодній камері:



Від'ємний ОВП католіту, вочевидь, зумовлений утворенням молекулярного водню, котрий є відновником [13].

Тому він набуває високої адсорбційно-хімічної активності, а також сильними миючими властивостями [3].

Присутність у аноліті достатньої кількості сильних окисників та вільних радикалів перетворює його на розчин з чітко вираженими біоцидними властивостями [3].

Зразки аноліту та католіту водних середовищ з різними рівнями мінералізації характеризуються різкими змінами рН та ОВП порівняно з їх вихідними значеннями: в аноліті – рН знижений, ОВП збільшено до крайніх позитивних (окислювальних) значень; у католіті – рН підвищено, а ОВП зменшено до крайніх негативних (відновлювальних) значень [3].

При проведенні рН-метрії та вимірюванні ОВП (редоксметрія) водних розчинів звичайних хімічних реактивів та водних середовищ на основі неактивованої води зазначені показники варіюють у наступних діапазонах значень: рН = 0 – 12,5; ОВП = від (-100) до 700 мВ за показниками платинового електроду з хлор-срібним електродом (ХСЕ) порівняння [3].

### 1.5 Окисно-відновний потенціал води

Загальновідомо, що усі реакції, котрі лежать в основі життєдіяльності будь-якого організму – це реакції окиснення та відновлення [11, 12]. До того ж відомо, що у здорової дорослої людини вміст води в організмі достатньо постійний і складає в середньому 60 % від маси тіла [14].

З огляду на це, особливої уваги заслуговує окисно-відновний потенціал води (ОВП), оскільки саме ця величина характеризує активність окисників та відновників будь-якого розчину, а отже здатність водного розчину приймати або віддавати електрони [11]. Його вимірюють з допомогою іономіра, одиниця виміру – мілівольт (мВ) [1].

Окисно-відновний потенціал природних вод має різні значення. Як правило, підземні води мають від'ємний редокс-потенціал, оскільки: 1) вони контактують з металовмісними породами, до складу яких входять метали з різними електродним потенціалом; 2) дуже часто підземні води насичуються сірководнем, котрий є сильним відновником; 3) глибоко під землею немає доступу кисню.

ОВП поверхневих вод сильно залежить від ступеня їх забрудненості: з надходженням забрудників (особливо, органічних) редокс-потенціал води знижується через зменшення вмісту розчиненого кисню у воді (яких йде на окиснення цих речовин) [15]. Також ОВП у відкритих водоймах змінюється з глибиною: ОВП зменшується з глибиною (через зменшення вмісту кисню).

ОВП водогінної води завжди додатній (від +200 до +300 мВ). Вочевидь це зумовлено присутністю хлору. Загальновідомий факт, що водогінну воду спеціально хлорують трохи більше від необхідного щоб унеможливити виживання у ній хвороботворних бактерій, які можуть потрапити туди через прориви у водогоні [16].

У той час як за рекомендацією ВООЗ ОВП питної води має бути менше +60 мВ [17]. Річ у тім, що усі рідини всередині людського організму (у тому числі кров), мають від'ємний ОВП. Наприклад, ОВП артеріальної крові становить приблизно -7 мВ, а венозної – близько -57 мВ [1].

Якщо врахувати те, що всмоктування рідини і її подальше використання організмом відбувається лише за умови відповідності характеристик цієї рідини рідинам у організмі, то вода з додатнім ОВП не може швидко засвоїтись організмом. Всмоктування стає можливим тільки після відновлення (віддачі електронів цій рідині з резервів організму), на що потрібно багато енергії.

Тому слід пам'ятати, що кожний напій – це не лише джерело води, вітамінів, мінералів та мікроелементів, а також окисники та відновники, протони та електрони. Значення окисно-відновних потенціалів кількох поширених напоїв наведено у табл. 1.2 [1].

Вплив ОВП води на її валеологічні властивості можна побачити на прикладі мінеральних вод: деякі вчені впевнені, що лікувальна здатність зумовлена не хімічним складом, а саме окисно-відновним показником. На користь цієї теорії свідчать такі факти: по-перше, якщо розчинити у дистильованій воді усі ті солі, що входять до складу мінеральної води, вона не матиме тих цілющих властивостей; по-друге, усі лікувальні води мають від'ємний редокс-потенціал (наприклад, у води «Нафтуся» ОВП = -220 мВ); по-третє, усі лікувальні води слід вживати безпосередньо біля джерела, бо вони швидко (упродовж 1–2 годин) втрачають свої цінні властивості (вочевидь, через процес так званої релаксації активованих розчинів) [1].

Таблиця 1.2. – Окисно-відновні потенціали поширених напоїв [1]

Напій	Редокс-потенціал
Сік яблучний	112 ± 15 мВ
Сік виноградний	150 ± 15 мВ
Кава «Нескафе» розчинна	70 ± 15 мВ
Чай чорний	36 ± 15 мВ
Чай зелений	65 ± 15 мВ
Червоне вино	50 ± 15 мВ
Кока-кола	300 ± 15 мВ

Релаксація середовища – це процес повернення у стан термодинамічної рівноваги. Це необоротний процес і тому, згідно закону зростання ентропії, супроводжується переходом більшої частини електричної потенціальної енергії в теплову (дисипація енергії) [18].

Водні розчини можна вважати активованими лише упродовж періоду їх релаксації, під час якої активоване середовище проходить кілька псевдостійких станів, які характеризуються певними значеннями окиснення та відновлення. У цей період середовище поступово втрачає активність та знижує свої

каталітичні та інші властивості для деяких хімічних та біологічних процесів [18, 19].

Тривалість цього процесу пропорційна об'єму системи (рис. 1.2).

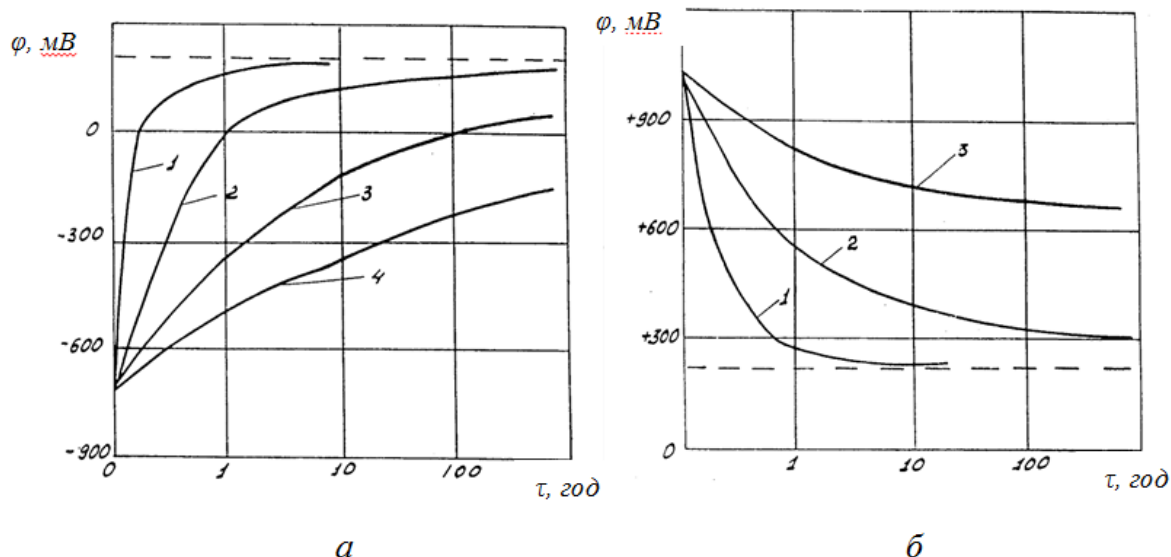


Рисунок 1.2 – Динаміка зміни ОВП активованих розчинів у часі. Крива № 1 характеризує динаміку зміни проби об'ємом 50 мл, крива № 2 – об'ємом 200 мл, крива № 3 – 100 л, крива № 4 – 10 м<sup>3</sup> [18]

Процес релаксації розчинів відбувається швидше у відкритому посуді, що пов'язано з процесом поглинання кисню з повітря та переходом газів, що зумовлюють відхилення ОВП (водню) з розчину в газову фазу [19, 20].

По закінченні цього часу рідина повертається у стан, подібний до вихідного (набуває своїх вихідних властивостей). Тому для того, аби використати активуючу здатність обробленої рідини, її слід використовувати до того, як вийде час повільної релаксації [18].

На рисунку 1.3 видно, що швидкість повернення системи до термодинамічної рівноваги пропорційна величині початкового відхилення цих параметрів [18].

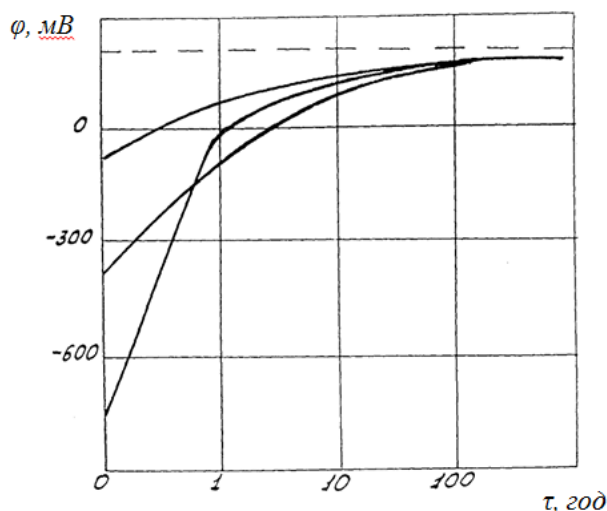


Рисунок 1.3 – Графік швидкості зміни ОВП розчину в залежності від величини активації [18]

## 1.6 Воднева вода

Найпоширенішою технологією отримання води з від'ємним ОВП (активації) є електроліз. Проте, згідно з санітарними нормами, електролізну воду (католіт) неможна вважати придатною для пиття з огляду на значне відхилення величини рН [21]. До того ж слід враховувати значну небезпеку насичення електролізної води іонами важких металів при використанні електролізерів, у яких анод виготовлено з металічних сплавів, нестійких до анодного розчинення (наприклад, із нержавіючої сталі) [22].

Усі опрацьовані літературні джерела стверджують, що головною причиною відхилення ОВП у католіті є газоподібний водень, який виділяється у процесі електролізу на катоді [4, 5, 13, 21, 22]. Тому є можливість відхилення ОВП розчину неелектрохімічним шляхом, а саме – шляхом насичення води воднем [21]. Оскільки водень є абсолютно нешкідливим для організму людини,

ця технологія є більш безпечною [21]. Така, насичена воднем вода, отримала назву водневої води.

Однак шляхом електролізу можна досягти нижчих значень ОВП, аніж шляхом насичення води воднем. Літературні джерела стверджують, що шляхом насичення води воднем неможливо знизити ОВП розчину нижче -600 мВ [4, 13]. Це пов'язано з тим, що під час електролізу, окрім водню, утворюються різні радикали. Ці радикали, попри незначний час свого існування, здатні істотно знизити редокс-потенціал розчину [3, 4, 7].

Також слід враховувати те, що водень, яким насичують воду, може відновлювати домішки сполук, які присутні у воді. Наприклад, якщо у воді присутня сірка у невеликій концентрації, то після насичення води воднем з'явиться запах сірководню (запах тухлих яєць) [21].

### 1.6.1 Вплив водню на організм людини

Водень є сильним відновником, антиоксидантом, котрий селективно знищує вільні радикали [5, 6, 23–29]. Вільні радикали – це молекулярні частинки, котрі мають один або кілька неспарених електронів на зовнішній електронній оболонці (рис. 1.4). Наявність неспарених електронів на зовнішній оболонці робить їх дуже активними в хімічному відношенні. Основним місцем утворення вільних радикалів є мітохондрії [1, 26, 30]. Радикали утворюються в усіх аеробних організмах під час енергетичного метаболізму шляхом окисного фосфорилування [25, 30]. Ці частинки ушкоджують клітини та їх органели [1, 24].

Серед радикалів, що утворюються в організмі людини виділяють: супероксид ( $O_2^-$ ), гідроксильний радикал ( $\bullet OH$ ), перекис водню ( $H_2O_2$ ) та синглетний кисень ( $^1O_2$ ) [26, 30]. Синглетний кисень та перекис водню здатні



знешкоджувати захисні ферменти, проте це не стосується гідроксильних радикалів [26].

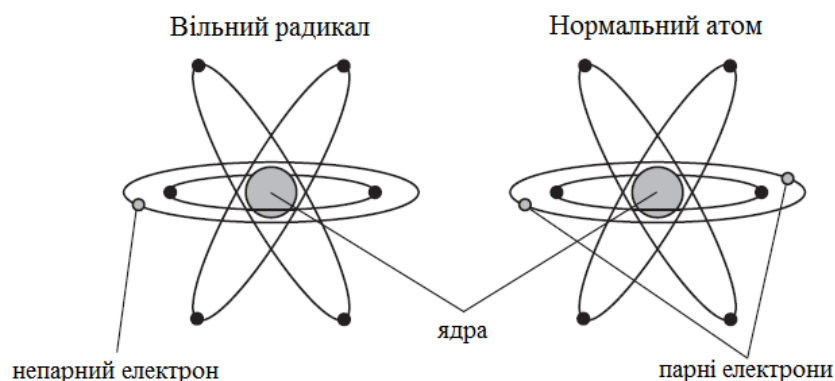
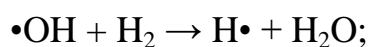


Рисунок 1.4 – Вільні радикали – це молекулярні частинки, котрі мають неспарений електрон на зовнішній електронній оболонці [1]

Попри те, що вільні радикали відносять до токсичних сполук, такі речовини як перекис водню ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) та радикал окису азоту ( $\bullet\text{NO}$ ) виконують важливі функції в імунних реакціях організму. Дослідженнями було встановлено, що найбільшу шкоду в організмі чинить саме гідроксильний радикал ( $\bullet\text{OH}$ ), котрий руйнує ліпіди, білки, вуглеводи та нуклеїнові кислоти. З огляду на це, потрібне саме селективне знищення вільних радикалів ( $\bullet\text{OH}$ ), яке не зачепить інші (такі як  $\bullet\text{NO}$  та  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) [26].

Завдяки малому розміру молекул та нейтральному заряду, молекули водню здатні легко проникати крізь цитоплазматичну мембрану [31]. Він може знешкоджувати гідроксильні радикали ( $\bullet\text{OH}$ ) у живих клітинах (навіть всередині мітохондрій) [25, 27].

Цей процес можна представити у вигляді рівнянь [32]:



Механізм ураження полягає в тому, що вільні радикали відбирають електрони у молекул-мішеней для заповнення своїх зовнішніх електронних оболонок [1].

Наприклад, відомим є той факт, що при окислювальному стресі молекул ДНК людини (внаслідок окиснення гуаніну) утворюється 8-гідрокси-2-дезоксигуанозин [24].

Водень легко віддає електрони гідроксильним радикалам, нейтралізуючи їх. Це знижує токсичність пероксинітриду, іншого окисника, та підвищує захисні сили організму за рахунок стимуляції синтезу природних антиоксидантів, як-от глутатіон, супероксиддисмутази та каталази [6]. З огляду на здатність, водневої води знешкоджувати вільні радикали, її можна розглядати як радіопротектор [1, 33].

По-друге, водень чинить сприятливий вплив на клітинний зв'язок та експресію генів. Він пригнічує ФНП-альфа та інші білки, які беруть участь у запальних процесах та активує механізми, котрі захищають клітини від загибелі [6].

По-третє, нещодавні дослідження показали, що вода, насичена воднем, стимулює вироблення греліну – гормону, який виробляється у шлунку та покращує апетит. Воднева вода також підвищує вивільнення гормону росту, а також проявляє захисні ефекти в головному мозку, судинній системі, печінці та інших органах [6, 29].

По-четверте, «нано» молекули водню здатні проникати крізь клітинні мембрани, увійти в мітохондрії та ядро клітини, пройти гематоенцефалічний бар'єр та позитивно впливати на тканини та органи по всьому тілу [6].

По-п'яте, при споживанні водневої води (у якої ОВП наближений до значень рідин внутрішнього середовища людини) організм людини не витрачає енергію на зміну редокс-потенціалу питної води у бік від'ємних значень [34, 35, 37].

По-шосте, вода з від'ємним ОВП стимулює процеси фізіологічної регенерації [1].

По-сьоме, вживання водневої води здатне підвищити кількість еритроцитів у крові при анемії та опроміненні [1].

### 1.6.2 Вплив водневої води на біоенергетичні процеси

Одним з наслідків впливу водневої води може бути стимулювання синтезу АТФ [1, 29]. Річ у тім, що в основі процесу окиснювального фосфорилування (під час якого виробляється АТФ) покладено принцип електронтранспортного ланцюга. По суті у мітохондріях відбувається перетворення енергії електронів на енергію хімічних зв'язків АТФ [37]. У цьому ланцюзі електрони поступово переходять від відновлених форм коферментів до кисню. Цей перехід відбувається виключно у напрямку зростання значень ОВП редокс-пар (рис. 1.5, табл. 1.3) [38 – 40].

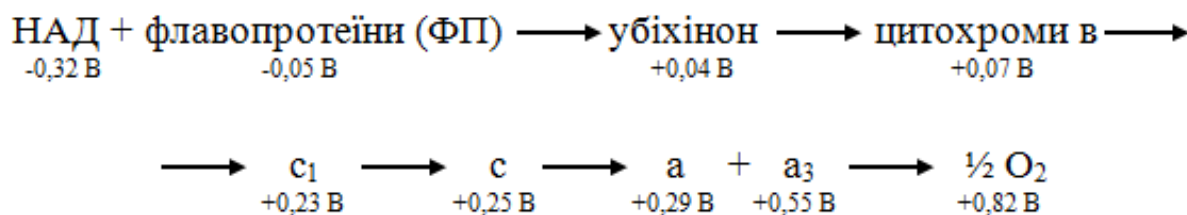


Рисунок 1.5 – Значення окисно-відновного потенціалу переносників дихального ланцюга [39, 40]

При повному переході двох електронів від окисно-відновної пари НАДН/НАД<sup>+</sup> ( $E_0 = -0,32 \text{ В}$ ) до окисно-відновної пари  $\text{H}_2\text{O}/\frac{1}{2}\text{O}_2$  ( $E_0 = +0,82 \text{ В}$ ) зміна вільної енергії реакції дорівнює 220 кДж/моль [39, 40].

Таблиця 1.3 – Стандартні редокс-потенціали більшості речовин-учасників окисно-відновних процесів у клітині [40]

Окисно-відновна пара		Z	Редокс-потенціали при рН=7, В
Донор	Акцептор		
Zn	Zn <sup>2+</sup>	2	-0,76
Ацетальдегід	Альдегід	2	-0,60
Піруват + СоА	Ацетил-СоА	2	-0,48
Феродоксин	Фередоксин	2	-0,43
H <sub>2</sub>	2H <sup>+</sup>	2	-0,42
НАДФ·Н <sub>2</sub>	НАДФ	2	-0,42
НАД·Н <sub>2</sub>	НАД	2	-0,32
ФМН·Н <sub>2</sub>	ФМН	2	-0,30
ФАД·Н <sub>2</sub>	ФАД	2	-0,23
Етанол	Ацетальдегід	2	-0,20
Лактат	Піруват	2	-0,19
Убіхінон відновлений	Убіхінон окиснений	2	+0,04
Цитохром в <sup>2+</sup>	Цитохром в <sup>3+</sup>	1	+0,07
Аскорбат	Дегідроаскорбат	2	+0,075
СоQ	СоQ <sup>2-</sup>	2	+0,12
H <sub>2</sub> S	S	2	+0,17
Цитохром с <sub>1</sub> <sup>2+</sup>	Цитохром с <sub>1</sub> <sup>3+</sup>	1	+0,23
Цитохром с <sup>2+</sup>	Цитохром с <sup>3+</sup>	1	+0,25
Цитохром а <sup>2+</sup>	Цитохром а <sup>3+</sup>	1	+0,29
Cu	Cu <sup>2+</sup>	2	+0,34
Цитохром а <sub>3</sub> <sup>2+</sup>	Цитохром а <sub>3</sub> <sup>3+</sup>	1	+0,55
Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	1	+0,77
Ag	Ag <sup>+</sup>	1	+0,80
2·H <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	4	+0,82
Pt	Pt <sup>2+</sup>	2	+1,20
2Cl <sup>-</sup>	Cl <sub>2</sub>	2	+1,36
2F <sup>-</sup>	F <sub>2</sub>	2	+2,87

При цьому коферменти окиснюються і потребують джерела електронів, які б відновили їх. Цим джерелом може виступати водень, яким насичена вода з від'ємним редокс-потенціалом.

Слід підкреслити, що всі окисно-відновні реакції дихального ланцюга є екзергонічними. Кожна ланка переходу електронів між проміжними компонентами дихального ланцюга супроводжується виділенням певної порції вільної енергії, яка може бути використана або для синтезу молекул АТФ (близько 40%), або розсіюється у вигляді тепла. Чим більша різниця редокс-потенціалів двох окисно-відновних пар, тим більше виділяється вільної енергії. Якщо різниця потенціалів перевищує 0,22 В (як у пари  $H^+/H_2$  та  $O_2/H_2O$ ), перенос електрона супроводжується виділенням енергії, достатньої для синтезу макроенергетичного зв'язку молекули АТФ. Якщо енергії виділяється мало, вона розсіюється у вигляді тепла, що використовується для підтримки постійної температури тіла [39, 40].

### 1.6.3 Вплив водневої води на проростання насіння рослин

Майже одразу після відкриття здатності активованих розчинів впливати на організм людини вчені почали досліджувати їх дію на рослинні організми. Першим з таких дослідів був дослід з обробкою насіння бавовника розчинами з від'ємним та додатнім редокс-потенціалом. Результат цього досліду був досить цікавим: насіння, котре обробляли розчином з від'ємним ОВП проростало і росло швидше, аніж насіння контрольної групи. У той же час те насіння, котре обробили розчином з додатнім ОВП взагалі не проросло [3]. Досліди з різними сортами пшениці, ячменю та інших культур підтвердили здатність водневої води інтенсифікувати проростання насіння [41–44]. Окрім пришвидшення проростання насіння, воднева вода підвищує стійкість насіння до вірусів, збільшує врожайність та якість бавовника [3, 45].

Експериментально було встановлено, що розчини з від'ємним редокс-потенціалом володіють біологічною активністю. Причому біологічна дія цих розчинів проявляється на найбільш ранній стадії проростання – стадії

набухання. Це можна пояснити тим, що процеси, які відбуваються на стадії набухання, активують ферменти, котрі синтезуються у зародку. Ці ферменти починають діяти після того, як насінина вбере у себе достатньо води. Відомо, що метастабільний стан водневої води характеризується меншими розмірами молекулярних кластерів, структурним упорядкуванням молекул води. Це дозволяє їй швидше проникати у капілярно-пористі тіла (у насінину) [23, 46, 47]. Тобто використання водневої води сприяє пришвидшенню фізичного набухання насінини і, як наслідок, пришвидшує активацію ферментів, котрі швидше ініціюють процес проростання [46].

### 1.7 Киснева вода

Для внутрішнього середовища людини характерним є значення окисно-відновного потенціалу в межах від -100 до +200 мВ. ОВП звичайної водогінної води знаходиться в межах від +200 до +300 мВ. Таким чином, активність електронів в організмі людини значно вища, аніж у питній воді. Це протиріччя негативно впливає на процеси життєдіяльності людини, оскільки нестача електронів компенсується за рахунок внутрішньої енергії міжклітинних мембран тканин організму. Тобто витрачається частина енергії вищого рівня, заради отримання якої і відбуваються окисно-відновні реакції. Неодмінним наслідком вказаної проблеми є передчасне старіння та загибель клітин організму [48].

Наявність великої кількості сильних окисників та вільних радикалів: хлорноватисту кислоту, гіпохлорит-іон, озон, перекис водню та інші метастабільні сполуки пероксидного типу. Це перетворює кисневу воду на систему з сильно вираженими біоцидними властивостями [49–51]. До слова, ці діючі речовини виробляються під час фагоцитозу [52].

Киснева вода насичена киснем та його активними формами. Серед стабільних активних довгоіснуючих форм кисню є перекис водню. Вона має підвищений окисно-відновний потенціал (ОВП) у порівнянні зі звичайною водою [53, 54].

Під час контакту з клітинною мембраною вона породжує протон-рушійну силу, направлену всередину клітин [51].

Це стимулює хімічні процеси окиснення, отримання енергії. Тому киснева вода бадьорить, покращує обмін речовин [50, 53]. Посилений обмін речовин сприяє очищенню організму. Воду з додаванням перекису водню широко застосовують для підтримання здоров'я космонавтів та лікування ряду хвороб. Окремо поняття «киснева вода» з'явилося у 1996 році, коли її почали розливати у пляшки для продажу [53].

Окрім цього, в активованих розчинах молекули води є більш вільними, тому що під впливом електричного поля руйнуються водневі зв'язки. Цей фактор чинить великий вплив на фізико-хімічні та біологічні реакції, оскільки така вода легко проникає у міжклітинний простір, збільшує гідратні оболонки, пришвидшує дифузно-осмотичні та каталітичні процеси [49].

## 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Ми вивчали вплив води з від'ємним редокс-потенціалом, отриманих електрохімічним (шляхом електролізу) та хімічним (шляхом додавання гумату натрію та насичення воднем) методами на живі організми за допомогою ростового тесту.

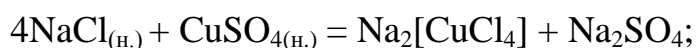
У якості контрольного зразка було взято кип'ячену відстояну питну воду [55, 56].

Електроактивовану воду з від'ємним ОВП (католіт) отримували шляхом активації відстояної кип'яченої води у електроактиваторі АП–1 упродовж 25 хв.

Розчин гумату натрію потрібної концентрації отримували шляхом розбавлення кип'яченою відстояною водою концентрату до набуття ним світло-коричневого кольору. Даний метод було обрано через складність визначення точної концентрації гумату натрію.

Воду, насичену воднем (так звану водневу воду) отримували шляхом барботування відстояної кип'яченої води воднем. Водень отримували за допомогою реакції суміші насичених розчинів кухонної солі та мідного купоросу із алюмінієм у спеціальному приладі (рис. 2.1).

Реакції, які перебігають у конічній колбі можна записати наступним чином:



Окисно-відновний потенціал води вимірювали після активації води за допомогою приладу EZODO pH/mV/Temp Meter MP–103.



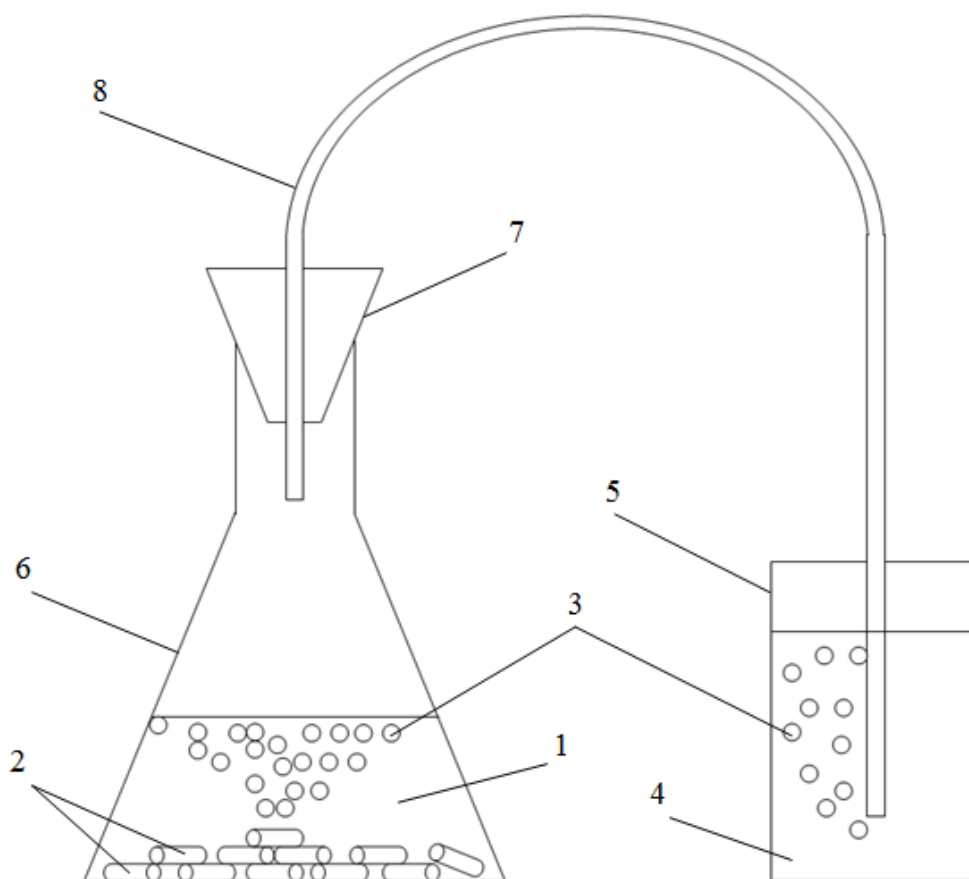


Рисунок 2.1 – Модифікований прилад для отримання води з від’ємним ОВП: 1 – суміш насичених розчинів кухонної солі та мідного купоросу; 2 – шматочки алюмінієвого дроту; 3 – бульбашки водню; 4 – розчин, який активують; 5 – хімічний стакан; 6 – конічна колба; 7 – корок; 8 – з’єднувальна трубка

Насіння цих культур висаджували в чашку Петрі, дно якої було вкрите фільтрувальним папером, змоченим 7 мл певного зразка води. В одній чашці висаджували по 30 насінин. Кожен варіант води досліджували у трьох повторностях (по 3 чашки на кожен). Дослід тривав 96 годин. Через кожні шість годин чашки провітрювали упродовж кількох хвилин [55, 56].

Після закінчення експерименту рослини обережно виймали з чашок Петрі та вимірювали довжину кореневої і стеблової системи паростків. Потім для кожного з досліджуваних зразків обчислювали середню довжину надземної і

кореневої частин  $\bar{x} \pm m$ , де  $m$  – помилка середнього арифметичного, яку визначали так [55, 56]:

$$m = \sqrt{\frac{\sigma^2}{N}}, \quad (2.1)$$

де:  $N$  – кількість результатів;  $\sigma^2$  – дисперсія, яку визначали за виразом:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}, \quad (2.2)$$

Достовірність різниці середніх арифметичних  $t$  розраховували за критерієм Стьюдента-Фішера [55, 56]:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}, \quad (2.3)$$

де:  $\bar{x}_1$  – середнє арифметичне значення показника в контрольному досліді;  $\bar{x}_2$  – середнє арифметичне значення показника у досліджуваному зразку;  $m_1$  – помилка середнього арифметичного в контрольному досліді;  $m_2$  – те ж у досліджуваному зразку.

Якщо фактично встановлена величина  $t$  більше або дорівнює критичному (стандартному) значенню  $t_{st} = 1,975$  робили висновок про існування статистично достовірної різниці між середніми арифметичними у досліджуваному та контрольному варіанті. Якщо ж фактична величина  $t$  менша за  $t_{st}$ , різницю між середніми вважали статистично недостовірною [55, 56].

Відсутність статистично достовірної різниці між середніми значеннями біопараметра у контрольному та досліджуваному зразку свідчила про

відсутність значних змін ростових процесів у тест-об'єктів, у порівнянні з контрольним варіантом [55, 56].

Фітотоксичний ефект визначали у відсотках за довжинами кореневої та стеблової систем за формулою [55, 56]:

$$\Phi E = \frac{M_0 - M_x}{M_0} \cdot 100\%, \quad (2.4)$$

де:  $M_0$  – значення біопараметра в посуді з контрольним субстратом;  $M_x$  – значення аналогічного біопараметра у посуді з досліджуваним зразком води.

Потім отримані значення фітотоксичного рівня оцінювали за шкалою рівнів токсичності (табл. 2.1):

Таблиця 2.1 – Шкала рівнів токсичності [57, 58]

Рівні пригнічення ростових процесів (фітотоксичний ефект), %	Рівень токсичності
0–20	Відсутність або слабкий рівень.
20,1–40	Середній рівень.
40,1–60	Вище середнього рівня.
60,1–80	Високий рівень.
80,1–100	Максимальний рівень.

Окрім цього ми хотіли перевірити стійкість таких фізико-хімічних показників водневої води, як рН та ОВП.

Для цього фізико-хімічні параметри водневої води вимірювали кожні 30 хв. після збагачення воднем за допомогою приладу EZODO рН/mV/Temp Meter MP–103.

Також ми хотіли перевірити дію рідин з низьким окисно-відновним потенціалом на організм людини, оскільки за літературними даними, вода з низьким окисно-відновним потенціалом ефективно нейтралізує так звані «вільні радикали», котрі окиснюють молекули живих організмів [20]. А як

відомо, найбільш електронегативними молекулами в організмі є молекули ДНК (котрі через свій низький заряд найсильніше притягують молекули «вільних радикалів»), локалізовані у ядрі клітини [1]. Тому ми вирішили перевірити антиоксидантну здатність води з низьким окисно-відновним потенціалом шляхом дослідження електрофоретичної рухомості ядер клітин букального епітелію (щоб виключити прояв ефекту плацебо та не зашкодити здоров'ю учасників через вживання малодослідженої водневої води) за методикою Шахбазова В. Г. На нашу думку, якщо вода з низьким окисно-відновним потенціалом дійсно має антиоксидантні властивості, то відсоток рухомих клітин букального епітелію зросте в порівнянні з контролем (водогінною водою) внаслідок відновлення негативного заряду окиснених ядер клітин.

Клітини букального епітелію людини отримували методом зіскобу паличкою зі слизової оболонки щоки. Електрофорез клітин здійснювали у електрофоретичній камері, підключеної до джерела постійного струму – трьох послідовно з'єднаних 9-вольтових батарейок, які дають сумарну напругу величиною 27 В (рис. 2.2). Зміну полярності струму здійснювали за допомогою 6-контактного перемикача струму [59–61].

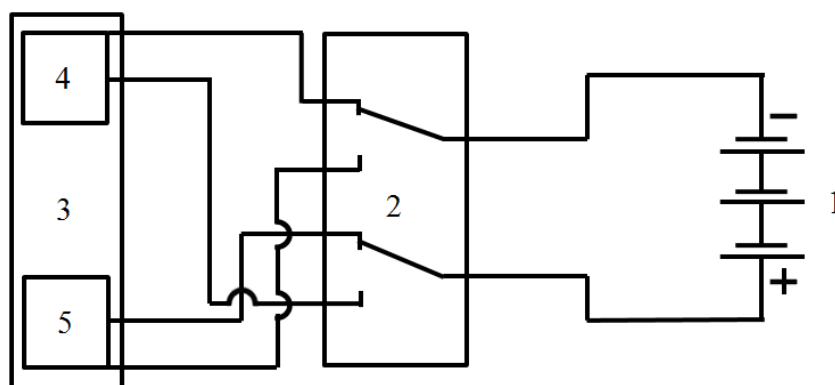


Рисунок 2.2 – Схема пристрою для дослідження електрофоретичної рухомості ядер клітин букального епітелію. 1 – джерело постійного струму, 2 – перемикач полярності струму, 3 – предметне скло, 4,5 – електроди, приєднані до предметного скла

Для дослідження впливу ОВП природного антиоксиданту (зеленого чаю) було використано пакетований чай Greenfield Flying Dragon. Для цього один пакетик чаю заливали 200 мл окропу та чекали 5 хвили. Потім пакетик виймали і чекали, доки чай охолоне до кімнатної температури для більш точного вимірювання його фізико-хімічних параметрів.

Електроактивовану воду з від'ємним (катодит) та додатнім (анодит) ОВП отримували шляхом активації водогінної води у електроактиваторі Ековод ЕАВ-3.

Відсоток рухомих клітин розраховували шляхом мікроскопії великих скупчень клітин в одному полі зору під час перемикання полярності струму та відсотка рухомих ядер серед нерухомих. Для цього використовували мікроскоп Leica DM LB2 зі збільшенням у 400 разів.

### 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Дослідження впливу ОВП води за допомогою ростового тесту

Фізико-хімічні характеристики зразків води, використаних для проведення ростового тесту наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Фізико-хімічні характеристики варіантів води першого досліду

Показник	Варіанти			
	Контроль	Католіт	Гумат натрію	Воднева вода
pH	8,55	10,55	8,9	6,9
ОВП, мВ	+177,5	-170,5	-1,4	+97,5

Результати першого експерименту (Додаток А, Б) можна представити у вигляді таблиць 3.2 та 3.3.

Таблиця 3.2 – Результати експерименту, проведеного з насінням гірчиці білої

Гірчиця біла				
Варіант	Показник	Дисперсія $\sigma^2$	Середнє $\bar{x} \pm m$	t-критерій Стьюдента
Контроль (кип'ячена вода)	Довжина коренів, см	8,53	3,64±0,31	–
	Довжина пагонів, см	1,54	1,99±0,13	–
Католіт	Довжина коренів, см	7,39	3,94±0,29	0,70
	Довжина пагонів, см	1,52	2,05±0,13	0,34
Гумат натрію	Довжина коренів, см	7,53	4,12±0,29	1,13
	Довжина пагонів, см	1,38	1,92±0,12	0,35
Воднева вода	Довжина коренів, см	0,00	0,00±0	11,82*
	Довжина пагонів, см	0,09	0,38±0,03	11,94*

Примітка: \* – статистично достовірна різниця між середніми арифметичними у досліджуваному та контрольному варіантах.

Таблиця 3.3 – Результати експерименту, проведеного з насінням огірка звичайного

Огірок звичайний				
Варіант	Показник	Дисперсія $\sigma^2$	Середнє $\bar{x} \pm m$	t-критерій Стьюдента
Контроль (кип'ячена вода)	Довжина коренів, см	3,20	1,13±0,19	–
	Довжина пагонів, см	3,39	1,20±0,19	–
Католіт	Довжина коренів, см	3,13	1,13±0,19	0,02
	Довжина пагонів, см	3,74	1,23±0,2	0,10
Гумат натрію	Довжина коренів, см	2,10	0,93±0,15	0,81
	Довжина пагонів, см	3,74	1,34±0,2	0,49
Воднева вода	Довжина коренів, см	0,10	0,16±0,03	5,06*
	Довжина пагонів, см	0,77	0,62±0,09	2,78*

Примітка: \* – статистично достовірна різниця між середніми арифметичними у досліджуваному та контрольному варіантах.

Отже, згідно з результатами обчислень біопараметрів обох культур можна зробити висновок про існування достовірної різниці лише між паростками, вирощеними в контрольному середовищі та у водневій воді. Ці дані підтверджують і величини фітотоксичних ефектів (табл. 3.4, 3.5)

Таблиця 3.4 – Фітотоксичний ефект розчинів на паростки гірчиці білої

Гірчиця біла			
Параметр	Значення, %		
	Католіт	Гумат натрію	Воднева вода
ФЕ <sub>1</sub> (за довжиною коренів)	-8,1	-13,07	99,88
ФЕ <sub>2</sub> (за довжиною пагонів)	-3,16	3,16	81
ФЕ <sub>сер</sub>	-5,63	-4,955	90,44

Ці величині фітотоксичних ефектів свідчать про слабкий або відсутній вплив католіту та гумату натрію на паростки. Проте у зразках із водневою водою чітко прослідковується фітотоксичний ефект максимального (у зразках із гірчицею) та високого (у зразках із огірками) рівнів.

Таблиця 3.5 – Фітотоксичний ефект розчинів на паростки огірка звичайного

Огірок звичайний			
Параметр	Значення, %		
	Католіт	Гумат натрію	Воднева вода
ФЕ <sub>1</sub> (за довжиною коренів)	-0,49	17,45	86,05
ФЕ <sub>2</sub> (за довжиною пагонів)	-2,31	-11,45	48,49
ФЕ <sub>сер</sub>	-1,4	3	67,27

Отримані дані виявились досить несподіваними, оскільки ми очікували на зовсім інший результат: воднева вода мала навпаки стимулювати ріст паростків, бо теоретично нижчі значення ОВП мають стимулювати ростові процеси, порівняно з контрольним зразком, а відсутність продуктів електролізу (як-от іони металів) мала дати перевагу паросткам у водневій воді над паростками у католіті. Тобто зразки, вирощені у водневій воді мали б бути більшими за ті, що отримані у контрольному зразку та у католіті. Тому з огляду на те, що водень є нетоксичним газом, а потрапляння розчину солей із реактора було цілком вірогідним через значне заповнення колби у приладі (рис. 2.1), було вирішено повторити дослід, але при цьому збільшити тривалість барботування для досягнення від'ємних значень ОВП, а також зменшити вдвічі рівень солей у реакторі задля уникнення потрапляння солей по трубці у зразок водневої води. Також було вирішено не проводити дослід із гуматом натрію з огляду на відсутність достовірної різниці між контрольним зразком у попередньому досліді.

Фізико-хімічні характеристики досліджуваних варіантів води для другого досліді наведено у табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Фізико-хімічні характеристики варіантів води, використаних у другому ростовому тесті

Показник	Варіанти		
	Контроль	Католіт	Воднева вода
pH	7,68	10,96	8,09
ОВП, мВ	+238,4	-181,4	-101,9



Результати, отримані в ході другого експерименту (Додаток В, Г) можна представити у вигляді таблиць 3.7 та 3.8:

Таблиця 3.7 – Результати експерименту, проведеного з насінням гірчиці білої

Гірчиця біла				
Варіант	Показник	Дисперсія $\sigma^2$	Середнє $\bar{x} \pm m$	t-критерій Стьюдента
Контроль (кип'ячена вода)	Довжина коренів, см	5,52	4,12±0,25	–
	Довжина пагонів, см	2,22	2,70±0,16	–
Католіт	Довжина коренів, см	3,17	2,18±0,19	6,22*
	Довжина пагонів, см	2,31	2,36±0,16	1,48
Воднева вода	Довжина коренів, см	8,99	4,46±0,32	0,87
	Довжина пагонів, см	3,08	2,63±0,19	0,29

Примітка: \* – статистично достовірна різниця між середніми арифметичними у досліджуваному та контрольному варіантах.

Таблиця 3.8 – Результати експерименту, проведеного з насінням огірка звичайного

Огірок звичайний				
Варіант	Показник	Дисперсія $\sigma^2$	Середнє $\bar{x} \pm m$	t-критерій Стьюдента
Контроль (кип'ячена вода)	Довжина коренів, см	2,8	1,13±0,18	–
	Довжина пагонів, см	5,57	1,43±0,25	–
Католіт	Довжина коренів, см	3,36	1,22±0,19	0,34
	Довжина пагонів, см	4,37	1,44±0,22	0,02
Воднева вода	Довжина коренів, см	4,96	1,86±0,23	2,5*
	Довжина пагонів, см	7,2	2,11±0,28	1,8

Примітка: \* – статистично достовірна різниця між середніми арифметичними у досліджуваному та контрольному варіантах.

Отже, згідно з результатами обчислень біопараметрів обох культур можна зробити висновок про існування достовірної різниці між довжинами корінців гірчиці, вирощених у контрольному середовищі та в католіті (пригнічення росту в католіті). Також є достовірна різниця між довжинами корінців огірків,

вирощених у контрольному середовищі та у водневій воді (стимуляція росту). Ці дані підтверджують і величини фітотоксичних ефектів (табл. 3.9, 3.10).

Таблиця 3.9 – Фітотоксичний ефект розчинів на паростки гірчиці білої

Гірчиця біла		
Параметр	Значення, %	
	Католіт	Воднева вода
ФЕ <sub>1</sub> (за довжиною коренів)	46,93	-8,46
ФЕ <sub>2</sub> (за довжиною пагонів)	12,3	2,6
ФЕ <sub>сер</sub>	29,615	-2,93

Таблиця 3.10 – Фітотоксичний ефект розчинів на паростки огірка звичайного

Огірок звичайний		
Параметр	Значення, %	
	Католіт	Воднева вода
ФЕ <sub>1</sub> (за довжиною коренів)	-7,95	-65,25
ФЕ <sub>2</sub> (за довжиною пагонів)	-0,51	-47,32
ФЕ <sub>сер</sub>	-4,23	-56,285

З огляду на отримані результати двох досліджуваних культур, кращим тест-об'єктом виявилось насіння огірків, оскільки в них не спостерігалось значних відмінностей довжин коренів та пагонів у одних і тих же варіантах (тобто стимулювання або пригнічення приблизно однаково спостерігалось у довжинах і коренів, і пагонів). Це давало більш чіткі значення показників токсичності.

Та навіть попри це, обидві культури підтвердили наші припущення: у водневій воді ростові процеси були інтенсивнішими за ті, що були в контрольному зразку та у католіті. Католіт, попри більш низький ОВП, пригнічував (середній рівень фітотоксичного ефекту) проростання насіння гірчиці, а воднева вода не пригнічувала. З насінням огірків католіт теж не чинив токсичного впливу, проте воднева вода стимулювала ріст насіння. Такий ефект можна пояснити наявністю в католіті шкідливих продуктів електролізу.

У другому досліді, на відміну від першого, було здійснено якісні реакції на іони  $Al^{3+}$  та  $Cu^{2+}$  у водневій воді, результати яких були негативними: іони важких металів були відсутні. В обох випадках до водневої води по краплях додавали розчин аміаку, проте ані утворення білого осаду (наявність  $Al^{3+}$ ), ані посиніння розчину (наявність  $Cu^{2+}$ ) не спостерігалось.

### 3.2 Дослідження зміни фізико-хімічних показників активованої води

Результати дослідження стійкості фізико-хімічних властивостей водневої води показали доволі швидко зміну ОВП водневої води у бік додатніх значень, а отже, втрату своїх цінних властивостей упродовж 120 хв. (табл. 3.11, рис. 3.1).

Таблиця 3.11 – Зміна фізико-хімічних параметрів водневої води з часом (ОВП води перед активацією становило +247,3 мВ)

Воднева вода						
рН, од.	7,85	7,55	7,36	7,09	7,06	7,05
rН, мВ	-557	-303	-173,5	-68,4	+57,6	+359,5
Час, хв	0	30	60	90	120	990

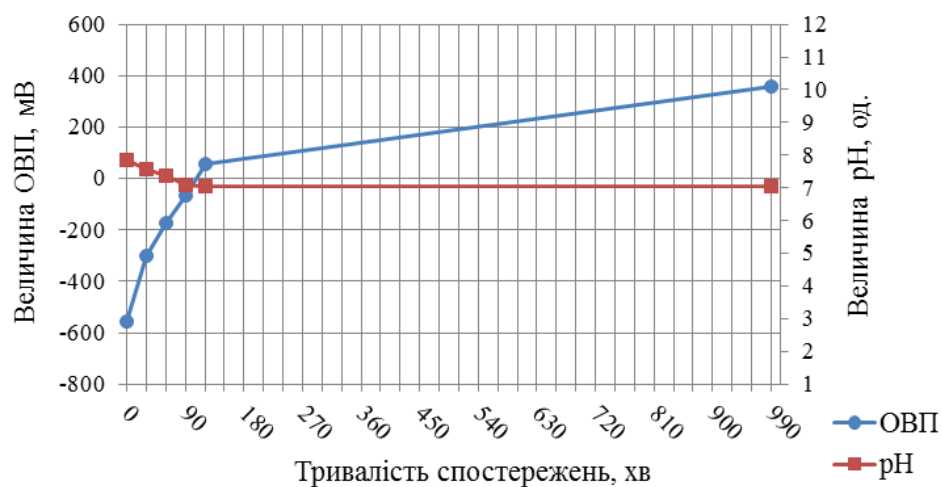


Рисунок 3.1 – Процес релаксації фізико-хімічних властивостей водневої води

Отже, водневій воді, як і католіту, властива досить швидка втрата своїх унікальних фізико-хімічних властивостей під час зберігання в будь-якій тарі.

### 3.3 Дослідження впливу води з різним окисно-відновним потенціалом на заряд ядер клітин букального епітелію людини

Дослідження впливу окисно-відновного потенціалу рідин на електрофоретичну рухомість ядер клітин букального епітелію було проведено у два етапи: на першому етапі клітини епітелію контактували з рідиною на предметному склі (*in vitro*), на другому етапі клітини контактували з рідиною *in vivo* (шляхом тримання рідини за щогою упродовж 10 хвилин).

При змочуванні *in vitro* зіскобу клітин у водогінній воді з ОВП + 435,7 мВ рухались лише 15 % ядер. При змочуванні зіскобу клітин епітелію у водневій воді (у якої ОВП становив -197,3 мВ) відсоток рухомих ядер не змінився і становив все ті ж 15 % (Додатки Д, Е).

Таблиця 3.12 – Порівняння впливу води з різним ОВП на електрофоретичну рухливість ядер клітин букального епітелію

	Водогінна вода	Воднева вода
рН, од.	7,3	7,8
ОВП, мВ	+435,7	-197,3
Відсоток рухомих клітин, %	15	15

При проведенні другого дослідження, в якому водогінну воду (ОВП = +218,8 мВ) та зелений чай (ОВП = +74,5 мВ) контактували з клітинами *in vivo*, ефект також був відсутнім. Після контакту з водогінною водою рухались 39 % (Додаток Ж) ядер, а після контакту із зеленим чаєм рухались 41 % ядер (Додаток З).

Таблиця 3.13 – Порівняння впливу водогінної води та зеленого чаю на електрофоретичну рухливість ядер клітин букального епітелію

	Водогінна вода	Зелений чай
pH, од.	7,09	7,43
ОВП, мВ	+218,8	+74,5
Відсоток рухомих клітин, %	39	41

Після додавання чаю на предметне скло до тих клітин, які до цього *in vivo* контактували упродовж 10 хвилин з водогінною водою, відсоток рухомих ядер клітин не змінився і становив все ті ж 39 % (Додаток Ж).

Значну різницю між відсотком рухомих ядер на першому (близько 15 %) та другому (близько 40 %) етапах дослідження можна пояснити тим, що рухомість ядер букального епітелію сильно залежить від віку, ступеня втоми людини, стану здоров'я та навіть від настрою [62]. Якщо врахувати те, що інтервал між двома етапами експерименту становив близько одного місяця (тобто вони не проводились в один і той самий день), то таке пояснення є цілком обґрунтованим.

Також нами було виконано третій експеримент, у якому було досліджено вплив електроактивованих розчинів (аноліту та католіту) на клітини букального епітелію.

Таблиця 3.14 – Результати дослідження впливу аноліту та католіту на електрофоретичну рухливість ядер клітин букального епітелію людини

	Контроль	Аноліт	Католіт
pH, од.		2,2	10,6
ОВП, мВ		+353	-119
Відсоток рухомих клітин, %	22	9	26

При проведенні третього досліду, католіт (ОВП = -119 мВ) та аноліт (ОВП = +353 мВ) контактували з клітинами *in vivo*. В якості контролю було взято букальний епітелій до контакту з розчинами.

Після контакту з католітом рухались 26 % (Додаток И) ядер, а після контакту із анолітом чаєм рухались лише 9 % ядер.

Отримані результати продемонстрували наявність яскраво вираженого пригнічуючого впливу аноліту (розчину з високим додатнім ОВП) на клітини. Це можна пояснити тим, що в аноліті присутні різні продукти електролізу (вільні радикали). Окрім цього, молекули води є більш вільними, тому що під впливом електричного поля руйнуються водневі зв'язки. Цей фактор чинить великий вплив на фізико-хімічні та біологічні реакції, оскільки така вода легко проникає у міжклітинний простір, збільшує гідратні оболонки, пришвидшує дифузно-осмотичні та каталітичні процеси.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Інструкція при роботі з електроприладами

Щоб запобігти виникненню нещасних випадків, ураження електричним струмом, пожеж тощо слід вивчити і виконувати правила з техніки безпеки при роботі на електрообладнанні, правила виробничої санітарії й пожежної профілактики [63].

До роботи з експлуатації електроустановок і електроустаткування допускаються тільки співробітники, що пройшли спеціальне навчання і мають кваліфікаційне посвідчення [63].

Студентам працювати на електрообладнанні дозволяється тільки в присутності досвідченого співробітника (викладача або лаборанта) [63].

Допуск до самостійної роботи аспірантів, претендентів проводиться після присвоєння їм відповідної кваліфікаційної групи [63].

Відповідальна за лабораторію особа повинна систематично слідкувати за справністю електричної апаратури, яка використовується в навчальному процесі й науково-дослідній роботі (ФЕКи, СФи, електроплити, муфельна піч, сушильна шафа та інше). При виявленні пошкоджень негайно повідомляє відповідного фахівця та контролює своєчасний її ремонт [63].

Самостійний ремонт електрообладнання студентам, лаборантам та викладачам забороняється [63].

Забороняється користуватися (з навчальною чи науковою метою) несправним електроустаткуванням [63].

Для попередження нещасних випадків, на несправних приладах повинен бути зроблений надпис: «Прилад не працює», тощо [63].

Профілактичний огляд і ремонт електроустаткування (електроплити, муфельна піч, сушильна шафа та інше), яке використовується в навчальному процесі й у науково-дослідній роботі, роблять тільки відповідні фахівці [63].

У кабінеті або лабораторії треба використовувати електронагрівальні прилади закритого типу та інше електричне обладнання тільки заводського виготовлення. При експлуатації слід користуватися паспортом та інструкцією заводу-виготовлювача [63].

Усі електронагрівальні прилади повинні мати теплоізоляцію знизу і з боку стін. Як теплоізоляцію можна використати керамічні плитки та інші негорючі матеріали з малою теплопровідністю [63].

Подання струму через загальний рубильник до робочих місць і вимикання його після закінчення робіт виконує лише викладач або лаборант [63].

Штепсельні розетки і встановлене обладнання можуть перебувати під струмом під час проведення дослідів. Після закінчення експерименту подача струму негайно припиняється [63].

Шафи з розподільними пристроями повинні бути замкнені на замок [63].

Усі прилади, в яких це передбачено, повинні бути заземлені [63].

Особи, що працюють на електрообладнанні (лаборанти, викладачі, студенти, аспіранти, претенденти), перед кожним використанням проводять перевірку відсутності видимих пошкоджень заземлення, ушкоджень ізоляції електропроводу та електровилки. При виявленні пошкоджень негайно повідомляють керівника робіт, а лаборант – відповідного фахівця [63].

Приступаючи до роботи з діючими установками, необхідно [63]:

- вмикати електрообладнання тільки в присутності досвідченого співробітника (викладача або лаборанта);
- з виникаючими питаннями з приводу роботи приладу звертатися до викладача або лаборанта.

Необхідно припинити роботу на електрообладнанні при [63]:

- появі диму або специфічного запаху, характерного для ізоляції, що горить;
- появі навіть слабкої дії електроструму;
- появі підвищеного шуму, стуку, вібрації тощо;



– при раптовому припиненні роботи електроустаткування (зникнення напруги, заклинення частин приладу, що рухаються (центрифуга тощо)), воно повинно бути вимкнено вимикачем.

Про всі виявлені несправності електрообладнання під час роботи необхідно негайно повідомляти лаборанта або керівника робіт [63].

Не слід перевіряти наявність напруги пальцями і не торкатись струмоведучих частин електроприладів [63].

Під час перенесення електроустаткування з одного робочого місця на інше, а також під час перерви у роботі електрообладнання повинно бути відключене від електромережі [63].

Не варто залишати без нагляду електроустаткування, яке підключене до електромережі [63].

Після закінчення роботи слід [63]:

- привести в порядок робоче місце.
- вимкнути всі електроспоживачі.
- зачинити вікна, кватирки, перевірити чи закриті водопровідні крани, вимкнути вентиляцію та освітлення.
- зачинити приміщення і при необхідності здати його під охорону та залишити ключі черговому швейцару.
- в разі виявлення недоліків – повідомити про них керівника підрозділу або відповідну службу (коменданта, енергетика, механіка, службу охорони).

При виникненні аварійних ситуацій необхідно вміти відповідно діяти [63]:

- при припиненні подачі електроенергії або при спалахуванні електропроводки в середині апаратури необхідно вимкнути електроживлення обладнання, вимкнути вилку шнура живлення;
- при пожежі діяти відповідно до «Інструкції з пожежної безпеки», при необхідності викликати пожежну службу, МНС (тел. 101);

– в разі нещасного випадку: надати потерпілому першу медичну допомогу, викликати медичного співробітника, повідомити керівника, у разі необхідності викликати швидку медичну допомогу (тел. 103).

При виникненні інших аварійних ситуацій повідомити керівника робіт та діяти за його розпорядженнями [63].

Надаючи допомогу потерпілому при ураженні струмом, не можна торкатися голими руками до людини, яка знаходиться під дією струму [63].

Насамперед, потрібно відключити установку (устаткування), якої торкається постраждалий або вимкнути рубильник, який постачає струм до електроприладу [63].

При неможливості відключення всієї електроустановки, необхідно відокремити постраждалого від струмоведучих частин, використовуючи сухі предмети, що не проводять електричний струм (дошки, одяг, стілець й ін.), або перерубати провід сокирою із сухою рукояткою [63].

При відокремленні потерпілого від струмоведучих частин, треба діяти однією рукою [63].

Надаючи першу медичну допомогу постраждалого укласти на спину на тверду поверхню й перевірити наявність подиху і пульсу [63].

Якщо постраждалий у свідомості (збережені основні життєві функції), необхідно забезпечити йому повний спокій та свіже повітря [63].

#### 4.2 Інструкція при роботі за персональним комп'ютером

До роботи на персональній електронно-обчислювальній машині (ПЕОМ) або відеодисплейному терміналі (ВДТ) допускаються після вивчення даної інструкції особи, які пройшли попередній медичний огляд, встановлений курс навчання за даною професією, а при необхідності стажування протягом 2–15 змін під керівництвом досвідчених працівників, пройшли вступний та

первинний (на робочому місці) інструктажі з питань охорони праці, пожежної безпеки, інструктаж і перевірку знань з електробезпеки і отримали II кваліфікаційну групу [64].

Оператор (користувач) повинен [64]:

- 1) виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку;
- 2) не допускати в робочу зону сторонніх осіб;
- 3) не виконувати вказівок, які суперечать правилам охорони праці;
- 4) пам'ятати про особисту відповідальність за виконання правил охорони праці та безпеку товаришів по роботі;
- 5) вміти надавати першу медичну допомогу потерпілим від нещасних випадків;
- 6) вміти користуватись первинними засобами пожежогашіння;
- 7) виконувати правила особистої гігієни.

Робочі місця з ВДТ і ПЕОМ під час виконання творчої роботи, яка потребує значної розумової напруги чи великої концентрації уваги, слід ізолювати одне від одного перегородкою висотою 1,5–2,0 м [64].

Робочі місця з ВДТ рекомендується розміщувати в окремих приміщеннях. В разі розміщення робочих місць з ВДТ в залах або приміщеннях з джерелами небезпечних і шкідливих факторів вони повинні розташовуватись у повністю ізольованих кабінетах з природним освітленням та організованим повітрообміном [64].

Площа, на якій розташовується одне робоче місце з ПЕОМ або ВДТ, повинна становити не менше як  $6,0 \text{ м}^2$ , об'єм приміщення – не менше як  $20 \text{ м}^3$  [64].

Поверхня підлоги має бути рівною, без вибоїн, неслизькою, зручною для очищення та вологого прибирання, мати антистатичні властивості [64].

При розміщенні робочих місць необхідно виключити можливість прямого засвічування екрана джерелом природного освітлення [64].

Штучне освітлення у приміщеннях з ВДТ треба здійснювати у вигляді комбінованої системи освітлення з використанням люмінесцентних джерел

світла у світильниках загального освітлення, які слід розташовувати над робочими поверхнями у рівномірно-прямокутному порядку [64].

Для запобігання засвітлювання екранів ВДТ прямими світловими потоками, лінії світильників повинні бути розташовані з достатнім бічним зміщенням відносно рядів робочих місць або зон, а також паралельно до світлових отворів. Бажане розміщення вікон з одного боку робочих приміщень [64].

Штучне освітлення повинно забезпечити на робочих місцях ПЕОМ освітленість 300–500 лк. У разі неможливості забезпечити даний рівень освітленості системою загального освітлення допускається застосування світильників місцевого освітлення, але при цьому не повинно бути відблисків на поверхні екрану та збільшення освітленості екрану більше ніж 300 лк [64].

У разі природного освітлення слід передбачити наявність сонцезахисних засобів, з цією метою можна використовувати плівки з металізованим покриттям або жалюзі [64].

Розташовувати робоче місце обладнане ВДТ, необхідно таким чином, щоб в поле зору оператора не потрапляли вікна або освітлювальні прилади; вони не повинні знаходитися й безпосередньо за його спиною [64].

На робочому місці має бути забезпечена рівномірна освітленість за допомогою переважно відбитого або розсіяного розподілу світла [64].

Світлових відблисків з клавіатури, екрана та від інших частин ВДТ у напрямку очей оператора не повинно бути [64].

Для їх виключення необхідно застосовувати спеціальні екранні фільтри, захисні козирки або розташовувати джерела світла паралельно напрямку погляду на екран ВДТ з обох сторін [64].

Для запобігання засліплення, світильники місцевого освітлення повинні мати відбивачі з непрозорого матеріалу чи скло молочного кольору. Захисний кут відбивача повинен бути не менше 40° [64].

Не бажано, щоб одяг оператора був світлим і особливо блискучим [64].

Для оздоблення приміщень з ВДТ повинні використовуватися дифузно-відбиваючі матеріали з коефіцієнтами відбиття: стелі – від 0,7 до 0,8; стін – від 0,4 до 0,5; підлоги – від 0,2 до 0,3 [64].

Забороняється застосовувати для оздоблення інтер'єру полімерні матеріали, що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини [64].

Робочі місця з ВДТ повинні розташовуватись на відстані не менше як 1,5 м від стіни з віконними прорізами, від інших стін – на відстані 1 м; між собою на відстані не менше як 1,5 м [64].

Основним обладнанням робочого місця оператора ВДТ є монітор, клавіатура, робочий стіл, стілець (крісло); допоміжним – пуопітр, підставка для ніг, шафи, полиці та інше [64].

Взаємне розташування елементів робочого місця не повинно заважати виконанню всіх необхідних рухів та переміщень для експлуатації ПЕОМ; сприяти оптимальному режиму праці і відпочинку, зниженню втоми оператора (користувача) [64].

При використанні допоміжних пристосувань під ВДТ, повинна бути передбачена можливість переміщення останнього відносно вертикальної осі в межах  $\pm 30^\circ$  (вправо–вліво) [64].

Для забезпечення точного і швидкого зчитування інформації поверхню екрана ВДТ слід розташовувати в оптимальній зоні інформаційного поля в площині, перпендикулярній нормальній лінії погляду оператора (користувача), який знаходиться в робочій позі. Допускається відхилення від цієї площини – не більше  $45^\circ$ ; допускається кут відхилення лінії погляду від нормального – не більше  $30^\circ$  [64].

Розташовувати ВДТ на робочому місці необхідно так, щоб поверхня екрана знаходилась на відстані 500–600 мм від очей оператора (користувача), в залежності від розміру екрана [64].

Необхідно розташовувати клавіатуру на робочому столі, не допускаючи її хитання, або на окремому столі на відстані 100-300 мм від краю ближче до працюючого [64].

Положення клавіатури та кут її нахилу повинен відповідати побажанням оператора (користувача) – кут нахилу в межах  $5^{\circ}$ – $15^{\circ}$  [64].

Принтер треба розташовувати так, щоб доступ до нього оператора (користувача) та його колег був зручним; щоб максимальна відстань до клавіш управління принтером не перевищувало довжину витягнутої руки (по висоті 900–1300 мм, по глибині 400–500 мм) [64].

Конструкція робочого столу повинна забезпечувати можливість оптимального розміщення на робочій поверхні обладнання, що використовується, з урахуванням його кількості, розмірів, конструктивних особливостей (розмір ВДТ, клавіатури, принтера, ПЕОМ та інше) та характеру його роботи [64].

Висота робочої поверхні столу повинна регулюватися у межах 680–800 мм; у середньому вона повинна становити 725 мм [64].

Ширина і глибина робочої поверхні повинні забезпечувати можливість виконання трудових операцій в межах моторного поля, межа якого визначається зоною в межах видимості приладів і досяжності органів керування [64].

Перевагу слід віддавати модульним розмірам столу, на основі яких розраховуються конструктивні розміри; ширину слід вважати: 600, 800, 1000, 1200, 1400; глибину – 800, 1000 мм, при нерегульованій його висоті – 725 мм [64].

Поверхня столу має бути матовою з малим відбиттям та теплоізолюючою [64].

Робочий стіл повинен мати простір для ніг висотою не менше як 600 мм, шириною не менше як 500 мм, глибиною на рівні колін не менше, як 450 мм та на рівні витягнутої ноги – не менше як 650 мм [64].

Крісло повинно забезпечувати підтримування раціональної робочої пози під час виконання основних виробничих операцій, створювати умови для зміни пози [64].

З метою попередження втоми крісло повинно забезпечувати зниження статичного напруження м'язів шийно-плечової ділянки та спини [64].

Тип робочого крісла повинен обиратися залежно від характеру та тривалості роботи [64].

Воно має бути підйомно-поворотним і регулюватися по висоті та кутах нахилу сидіння і спинки, а також відстані спинки від переднього краю сидіння [64].

Регулювання кожного параметра має бути незалежним і мати надійну фіксацію [64].

Всі важелі та ручки пристосування (для регулювання) мають бути зручними в управлінні [64].

Висота поверхні сидіння повинна регулюватись у межах 400–550 мм [64].

Ширина та глибина його поверхні має бути не менше як 400 мм [64].

Поверхня сидіння має бути плоскою, передні краї – закругленими [64].

Сидіння та спинка крісла мають бути напівм'яким, такими, що не електризуються та з повітронепроникним покриттям, матеріал якого забезпечує можливість легкого очищення від забруднення [64].

Зміна кута нахилу поверхні сидіння повинна бути в межах від 15° уперед та 5° назад [64].

Опорна поверхня спинки крісла повинна мати висоту 280–300 мм, ширину – не менше як 380 мм та радіус кривизни горизонтальної площини – 400 мм [64].

Кут нахилу спинки у вертикальній площині повинен регулюватися у межах (-30°) – (+30°) від вертикального положення [64].

Відстань спинки від переднього краю сидіння повинна регулюватися у межах 260 – 400 мм [64].

Крісла повинні мати стаціонарні або знімні підлокітники довжиною не менше як 250 мм, шириною у межах 50–70 мм, що можуть регулюватися по висоті над сидінням у межах 200–260 мм та регулюватися по параметру внутрішньої відстані між підлокітниками у межах 350–500 мм [64].

Робоче місце має бути обладнане стійкою підставкою для ніг, параметри якої просто регулюються [64].

Підставка повинна мати ширину не менше як 300 мм, глибину не менше як 400 мм, з регулюванням, по висоті до 150 мм та по куту нахилу опорної поверхні підставки до  $20^\circ$  [64].

Поверхня підставки має бути рифленою, а по передньому краю мати бортик висотою 10 мм [64].

Робоче місце оператора (користувача) має бути обладнане легко переміщуваним пюпітром для розташування на ньому документів, розміщеним на одному рівні з екраном та віддалений від очей оператора (користувача) приблизно на таку ж відстань (припустима розбіжність цих відстаней не більше як 100 мм) [64].

Значення площини пюпітра має бути не меншою за розміри найбільшою з джерел інформації, що застосовується оператором (користувачем) [64].

При необхідності перегортання оригіналу обидві його сторони повинні розташовуватися на підставці [64].

Рукопис повинен слабо прилипати до підставки або кріпитися за допомогою спеціальних затискачів. Поверхня пюпітра має бути матовою [64].

Пюпітр повинен мати лінійку, що легко пересувається по рядках, прозору та зручну для використання [64].

Раціональна поза оператора (користувача): розташування тіла при якому ступні працівника розташовані на площині підлоги або на підставці для ніг, стегна зорієнтовані у горизонтальній площині, верхні частини рук – вертикальні, кут ліктьового суглоба коливається у межах  $70-90^\circ$ , зап'ястя зігнуті під кутом не більше ніж  $20^\circ$ , нахил голови – у межах  $15-20^\circ$ , а також виключені часті її повороти [64].

Для забезпечення оптимальної робочої пози оператора (користувача) необхідно [64]:

– забезпечити відстань між найважливішими засобами праці, з якими оператор (користувач) працює найбільш часто близько до 500 мм.



– виробничі завдання операторів (користувачів) розробляти з урахуванням мінімізації перепадів яскравості між найбільш важливими об'єктами зорового спостереження.

Під час розташування екрана ВДТ на технологічному обладнанні, необхідно передбачити зручність зорового нагляду в вертикальній площині під кутом  $\pm 30^\circ$  від нормальної лінії погляду оператора (користувача) ПЕОМ, відстань від екрана до ока працівника повинна складати 500–900 мм в залежності від розміру екрана [64].

Для нейтралізації зарядів статичної електрики в приміщенні, де виконуються роботи на ПЕОМ, рекомендується збільшувати вологість повітря за допомогою кімнатних зволожувачів [64].

Крім даної інструкції оператор (користувач) повинен виконувати інструкцію з безпечної експлуатації ПЕОМ заводу-виробника [64].

Перед початком роботи слід [64]:

- 1) увімкнути систему кондиціонування повітря в приміщенні;
- 2) оглянути робоче місце і привести його в порядок; впевнитись, що на ньому відсутні сторонні предмети; все обладнання і блоки ПЕОМ з'єднані з системним блоком за допомогою з'єднувальних шнурів;
- 3) перевірити надійність встановлення апаратури на робочому столі. ВДТ має стояти не на краю стола;
- 4) повернути ВДТ так, щоб було зручно дивитися на екран – під прямим кутом (а не збоку) і трохи зверху вниз; при цьому екран має бути трохи нахиленим – нижній його край ближче до оператора (користувача);
- 5) перевірити загальний стан апаратури, перевірити справність електропроводки, з'єднувальних шнурів, штепсельних вилок, розеток, заземлення захисного екрана;
- 6) відрегулювати освітленість робочого місця;
- 7) відрегулювати та зафіксувати висоту крісла, зручний для оператора (користувача) нахил його спинки;

8) у разі необхідності приєднати до процесора необхідну апаратуру (принтер, сканер тощо);

9) ввімкнути апаратуру комп'ютера вимикачами на корпусах в послідовності: стабілізатор напруги, ВДТ, процесор, принтер (якщо передбачається друкування);

10) відрегулювати яскравість свічення екрана ВДТ, мінімальний розмір світної точки, фокусування, контрастність.

Не слід робити зображення занадто яскравим, щоб не втомлювати очей [64].

Рекомендується зробити такі налаштування [64]:

- яскравість свічення екрана – не менше 100 кд/м;
- відношення яскравості екрана ВДТ до яскравості оточуючих його поверхонь в робочій зоні – не більше 3:1;
- мінімальний розмір точки свічення – не менше 0,4 мм для монохромного ВДТ і не менше 0,6 мм для кольорового;
- контрастність зображення знаку - не менше 0,8.

Під час роботи за комп'ютером забороняється [64]:

- експлуатація кабелів та проводів з пошкодженою або такою, що втратила захисні властивості за час експлуатації, ізоляцією; залишення під напругою кабелів та проводів з неізольованими провідниками;
- застосування саморобних подовжувачів, які не відповідають вимогам Правил будови електроустановок до переносних електропроводок
- застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального обладнання або ламп розжарювання;
- користування пошкодженими розетками, з'єднувальними коробками, вимикачами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або випинання.

Після завершення роботи слід [64]:

1) закінчити та записати у пам'ять комп'ютера файл, що знаходиться в роботі;

- 2) вийти з програмної оболонки і повернутися в середовище операційної системи;
- 3) вимкнути принтер, інші периферійні пристрої;
- 4) вимкнути стабілізатор, якщо комп'ютер підключений до мережі через нього;
- 5) штепсельні вилки витягнути з розеток;
- 6) накрити клавіатуру кришкою для запобігання попаданню в неї пилу;
- 7) прибрати робоче місце;
- 8) оригінали та інші документи покласти в ящик стола;
- 9) ретельно вимити руки теплою водою з милом.

## ВИСНОВКИ

1. У порівнянні з водогінною водою (високий ОВП), воднева вода та зелений чай (з низькими значеннями ОВП) жодним чином не вплинули на електрофоретичну рухливість ядер клітин букального епітелію людини.

2. Електроактивовані розчини виявили серйозний вплив на здатність ядер клітин рухатись у електромагнітному полі. Так, після контакту з католітом рухались 26 % ядер, а після контакту із анолітом чаєм рухались лише 9 % ядер. Тобто спостерігається яскраво виражений пригнічуючий вплив аноліту на клітини.

3. Отримані результати можна пояснити тим, що в аноліті присутні різні продукти електролізу (вільні радикали), котрі відсутні у водневій воді та зеленому чаї. Окрім цього, молекули води електроактивованих розчинів є більш вільними, тому що під впливом електричного поля руйнуються водневі зв'язки. Цей фактор чинить великий вплив на фізико-хімічні та біологічні реакції, оскільки така вода легко проникає у міжклітинний простір, збільшує гідратні оболонки, пришвидшує дифузно-осмотичні та каталітичні процеси. Також варто звернути увагу на різницю рН водогінної води та аноліту, що також могло відбитись на результаті дослідження.

## ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Активовані розчини варто вживати одразу після їх приготування, оскільки вони доволі швидко втрачають свої властивості внаслідок процесу їх релаксації.

При барботуванні води воднем шляхом хімічної реакції між сумішшю насичених розчинів кухонної солі і мідного купоросу з металічним алюмінієм не слід заповнювати колбу з реагентами більше, ніж на половину, оскільки реакція протікає доволі бурхливо. Через це можливе потрапляння солей із реактора до стакану з водневою водою по з'єднувальній трубці. А якщо цьому не запобігти, то зразок отриманої водневої води стане небезпечним джерелом важких металів для організму, про що свідчать результати першого ростового тесту. Також ємкість для проведення реакції з отримання водню хімічним шляхом має бути термостійкою, бо дана реакція супроводжується значним виділенням тепла.

Виходячи з результатів дослідження впливу аноліту на заряд ядер клітин людини, слід застерігти людей від його вживання.

Теоретичне та практичне значення роботи. Матеріали роботи можуть бути використані на заняттях з біофізики, а також для подальшого вивчення впливу активованих розчинів на організм людини.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ашбах Д. С. Живая и мертвая вода – новейшее лекарство современности. СПб. : «Питер», 2008. 150 с.
2. Zagrebina Zh. V. The Analysis of the Impact of Activated Water at the Cellular level. *Central European Journal of Botany*. 2016. V. 2, № 1. P. 32–36.
3. Прилуцкий В.И., Бахир В. М. Электрохимически активированная вода: аномальные свойства, механизм биологического действия. М. : ВНИИИМТ, 1997. 244 с.
4. Аристова Н. А., Пискарев И. М. Физико-химические методы получения экологически чистой активированной питьевой воды. Нижний Тагил : НТИ (ф) УрФУ, 2011. 76 с.
5. Душкін С. С., Галкіна О. П. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Підвищення екологічної безпеки систем питного водопостачання. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. 28 с.
6. Whitaker J. Hydrogen Water: Drink to Better Health. *Journal of Health & Healing*. 2015. V. 25, №. 5. P. 7–10.
7. Паньків Н. О., Паляниця Л. Я., Косів Р. Б., Березовська Н. І. Вплив електрохімічно активованої води на ферментативну активність спиртових дріжджів. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2013. № 3/6 . С. 29–32.
8. Гроссман Л. З. Живая вода. Минск : «Парадокс», 1998. 128 с.
9. Казьмин В. Д. Лечение «живой» и «мертвой» водой, перекисью водорода и кислородом (с приложением оригинальных рецептов оздоровления). Ростов н/Д : Феникс, 2005. 155 с.
10. Пронькіна К. В. Вдосконалення технології м'ясних продуктів шляхом використання електроактивованої води : дис. канд. техн. наук : 05.18.04 Одеса, 2016. 160 с.

11. Грищук В., Ашбах Д. Вода для детей. *Вода – чудо из чудес: статьи и доклады к Международной научно-практической конференции «Экология человека и окружающей среды. Новые методы оздоровления»*. Минск : Белорусский социально-экологический союз «Чернобыль», 2014. С. 10–20.
12. Хасанов А. Т. Какая вода сохраняет здоровье? *Нові технології. Науковий вісник КУЕІТУ*, 2013. № 3–4. С. 135–138.
13. Пискарев И. М., Ушканов В. А., Лихачев П. П., Мысливец Т. С. Окислительно-восстановительный потенциал воды, насыщенной водородом. *Электронный журнал «Исследовано в России»*. 2007. № 23. С. 230–239.
14. Гоженко А. І. Вода в організмі людини. *Світогляд*, 2009. № 4 С. 13–16.
15. Гусакова Н. В. Техносферная безопасность: физико-химические процессы в техносфере: учебное пособие. М. : НИЦ ИНФРА–М, 2015. 185 с.
16. Стольберг Ф. В. Экология города: учебник. К. : Либра, 2000. 464 с
17. Чуприна Н. О., Прибильський В. Л., Нижник О. В., Ковальчук В. П. та ін. Удосконалення водопідготовки для виробництва ферментованих медових напоїв. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: програма і матеріали 80 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів (10–11 квітня 2014 р.)*. К. : НУХТ, 2014. Ч. 1. С. 365–366.
18. Алехин С. А. Релаксация. *«Живая» вода – мифы и реальность. Сборник статей № 6*. Ташкент : МИС-РТ, 1998. С. 23–27.
19. Ислямова А. А. Повышение антиоксидантной активности функционального энергетического напитка «Архыз + антиоксидант = живица». *Экологическая политика: проблемы и перспективы: материалы IV межвуз. студ. науч-практ. конф. (26 мая 2016 г.)*. Пермь : Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2016. С. 202–204.
20. Бордун І. М., Пташник В. В. Вплив умов зберігання та процеси релаксації у електрохімічно активованій воді. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2012. № 1/6. С. 27–30.

21. Пискарев И. М. Пейте воду! М. : МГУ, 2012. 97 с.
22. Мищенко П. Б., Рожков А. А. Электролиз воды и шарлатаны *Актуальні проблеми фізики та їх інформаційне забезпечення: тези доп. XIV Регіон. наук. студ. конф. (16–17 квітня 2014 р.)*. Харків : НТУ «ХПІ», 2014. С. 62–65.
23. Баль-Прилипко Л. В., Леонова Б. І., Субота Б. А., Костюченко Д. Л. Антиоксидантні властивості активованої води. *VIII Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених, аспірантів та студентів «Вода в харчовій промисловості»: Збірник тез доповідей VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів та студентів*. Одеса : ОНАХТ, 2017. 129 с.
24. Yoneda T., Tomofuji T., Kunitomo M., Ekuni D., Irie K., Azuma T., Machida T., Miyai H., Fujimori K., Morita M. Preventive Effects of Drinking Hydrogen-Rich Water on Gingival Oxidative Stress and Alveolar Bone Resorption in Rats Fed a High-Fat Diet. *Nutrients*. 2017. № 9. P. 55–64.
25. Lemaire M., Barbier F. Hydrogen: Therapeutic Potential in Wellness and Medicine. *Journal of Aging Research & Clinical Practice*. 2017. № 6 P. 14–22.
26. Hong Y., Chen S., Zhang J-M. Hydrogen as a Selective Antioxidant: a Review of Clinical and Experimental Studies. *The Journal of International Medical Research*. 2010. V. 38. P. 1893–1903.
27. Cardinal S., Zhan J., Wang Y., Sugimoto R., Tsung A., McCurry R., Billar T., Nakao A. Oral Hydrogen Water Prevents Chronic Allograft Nephropathy in Rats. *Kidney International*. 2010. V. 77. P. 101–109.
28. Sun Q., Kawamura T., Masutani K., Peng X., Sun Q., Stolz D., Pribis J., Billar T., Sun X., Bermudez C., Toyoda Y., Nakao A. Oral Intake of Hydrogen-Rich Water Inhibits Intimal Hyperplasia in Arterialized vein Grafts in Rats. *Cardiovascular Research*. 2012. V 94. P. 144–153.
29. Ostojic S. Does H<sub>2</sub> Alter Mitochondrial Bioenergetics via GHS-R1α Activation. *Theranostics*. 2017. V. 7. № 5. P. 1330–1332.



30. Нетюхайло Л. Г., Харченко С. В. Активні форми кисню (огляд літератури). *Молодий вчений*. 2014. № 9. С. 131–135.
31. Xiao H., Li Y., Luo D., Dong J., Zhou L., Zhao S., Zheng Q., Wang H., Cui M., Fan S. Hydrogen-Water Ameliorates Radiation-Induced Gastrointestinal Toxicity via MyD88's Effects on the Gut Microbiota. *Experimental & Molecular Medicine*. 2018. V. 50. P. 24–35.
32. Ohno K., Ito M., Ichihara M. Molecular Hydrogen as an Emerging Therapeutic Medical Gas for Neurodegenerative and Other Diseases. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2012. V. 12. P. 40–51.
33. Тимофеева Т. А. Радиоэкология: практическое руководство для студентов специальности «Геоэкология». Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2012. 48 с.
34. Matsiyevska O. Influence of Redox Potential of Different Water Quality on the Human Blood. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2017. №1/3. С. 34–38.
35. Арменский А. Е., Кочубей С. Э., Устюгов В. В. Экономика устойчивого развития: прорывные идеи и технологии. М. : «Социальный проект», 2009. 147 с.
36. Барзова І. Антисептичні властивості аноліту (мертвої води). *Збірник наукових праць студентів, аспірантів і молодих вчених «Молода наука – 2017» : у 4 т. / Запорізький національний університет*. Запоріжжя : ЗНУ, 2017. Т. 4. С.8–9.
37. Петракович Г. Н. Биополе без тайн: Сборник научных работ. М. : «Общественная польза», 2009. 306 с.
38. Трухан Э. М. Введение в биофизику: Учебное пособие. М. : МФТИ, 2008. 242 с.
39. Александрова К. В., Шкода О. С., Васильев Д. А. Молекулярні основи біоенергетики (семінар): Методичний посібник з дисципліни «Біологічна хімія» для викладачів. Запоріжжя : ЗДМУ, 2015. 113 с.

40. Александрова К. В., Шкода О. С., Макоїд О. Б. Біологічна хімія: Навчально-методичний посібник для самостійної позааудиторної підготовки до занять. Запоріжжя : ЗДМУ. 2016. 76 с.

41. Миколів Т., Сімахіна Г. Використання фізичних методів активування насіння зернових культур. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: програма і матеріали 80 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 10–11 квітня 2014 р. К. : НУХТ, 2014. Ч. 1. С. 34–35.*

42. Шрамко Г. О. Еколого-агрохімічна оцінка застосування електрохімічно активованої води для некореневого підживлення рослин озимої пшениці : дис. канд. с.-г. наук : 06.01.04 Краснодар, 2014. 191 с.

43. Ковалев М. М., Апыхин А. П., Ущатовский И. П. Предпосевная обработка льносемян для стимуляции проростков льна. *Инновационные разработки для производства льна: материалы Международной научно-практической конференции ФГБНУ ВНИИМЛ, г. Тверь, 14–15 мая 2015 г. Тверь : Твер. гос. ун-т, 2015. С. 53–61.*

44. Александрова Э. А. Влияние электрохимически активированной воды на растительные биосистемы. *Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине: науч. тр. VI Международного конгресса тез. докл. СПб. : НИЦ «Арктика», 2012. С. 128.*

45. Леонов Б. И., Прилуцкий В. И., Бахир В. М. Физико-химические аспекты биологического действия электрохимически активированной воды. М. : ВНИИИМТ, 1999. 244 с.

46. Пенкина Е. С., Пашкова Е. В. Получение и исследование влияния электрохимически активированной воды на проростание семян озимой пшеницы *Научное сообщество студентов XXI столетия. Естественные науки. Электронный сборник статей по материалам XXXVIII студенческой международной научно-практической конференции. Новосибирск : Изд. АНС «СибАК». 2016. № 2. С. 84–88.*

47. Колесніченко С. Л. Поліпшення екологічної чистоти зерна шляхом обробки електроактивованою водою. *Зернові продукти і комбікорми*. Одеса : ОНАХТ, 2010. № 3. С. 46–49.

48. Веретельник Т. И., Цыба А. А., Себко А. В. Влияние гидродинамической кавитационной обработки на электрохимические показатели водопроводной воды. *Вісник НТУУ КПІ серія Машинобудування*. 2014. № 3. С. 90–96.

49. Маевская Т. Н., Виннов А. С., Бабков Н. И. Использование электроактивированной воды в технологии рыбных белковых масс. *Харчова наука і технологія*. 2012. № 1. С. 99–101.

50. Гайдарова А. П. Особенности углеродного и водно-солевого обменов крыс с экспериментальной моделью сахарного диабета на фоне приема электроактивированных водных растворов. *Вестник Новосибирского государственного педагогического университета*. 2013. № 2. С. 80–89.

51. Курченко Н. Ю. Анализ конструктивных параметров электроактиватора воды для улучшения его энергетических характеристик. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2014. № 95. С. 470–485.

52. Бурак И. И., Миклис Н. И., Ширякова Т. А., Григорьева С. В., Черкасова О. А., Юркевич А. Б. Гигиеническая оценка дезинфицирующего средства «анолит нейтральный». *Вестник Витебского государственного медицинского университета*. 2014. № 5. С. 105–111.

53. Аристова Н. А., Пискарев И. М., Ушканов В. А. Физические методы получения экологически чистой активированной воды. М. : НИИЯФ МГУ. 86 с.

54. Андреев С. П., Габленко В. Г. О возможностях использования электрообработанных водных растворов (ЭВР) в АПК. *Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции: материалы Международной научно-практической конференции (06–26 апреля 2015г.)*. Краснодар : ФГБНУ ВНИИТТИ. 2015. С. 286–289.

55. Горова А. І, Павличенко А. В., Борисовська О. О., Грунтова В. Ю., Деменко О. В. Біоіндикація: Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами напряму 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2014. 76 с.

56. Дударєва Г. Ф., Дубова О. В., Войтович О. М. Фітоіндикація навколишнього середовища: Навчально-методичний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра напрямів підготовки «Біологія», «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Запоріжжя : ЗНУ, 2016. 91 с.

57. Бешлей З. М., Бешлей С. В., Баранов В. І., Терек О. І. Використання рослинних тест-систем для оцінки токсичності техногенно забруднених субстратів. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. Харків : Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва, 2014. Вип. 1. С. 97–102.

58. Черниш Є. Ю. Методичні вказівки до лабораторних занять із дисципліни «Біотехнології» за темою «Біоіндикація та біотестування стану навколишнього середовища». Суми : Сумський державний університет, 2015. 29 с.

59. Шахбазов В. Г., Колупаєва Т. В., Набоков А. Л. Новый метод определения биологического возраста человека. *Лабораторное дело*. 1986. № 7. С. 404–407.

60. Седов Е. В., Линькова Н. С., Козлов К. Л., Кветная Т. В. и др. Буккальный эпителий как объект оценки биологического возраста и темпа старения организма. *Успехи геронтологии*. 2013. № 4. С. 610–613.

61. Донцов В. И. Экспериментальная геронтология – методы изучения старения. М. : Альтекс, 2011. 432 с.

62. Белоус О. И., Брюзгинова Н. В., Сиренко С. П., Фисун А. И. Контроль биологической эффективности действия электромагнитных полей миллиметрового диапазона. *Радиофизика и электроника*. 2015. №4. С. 98–101.

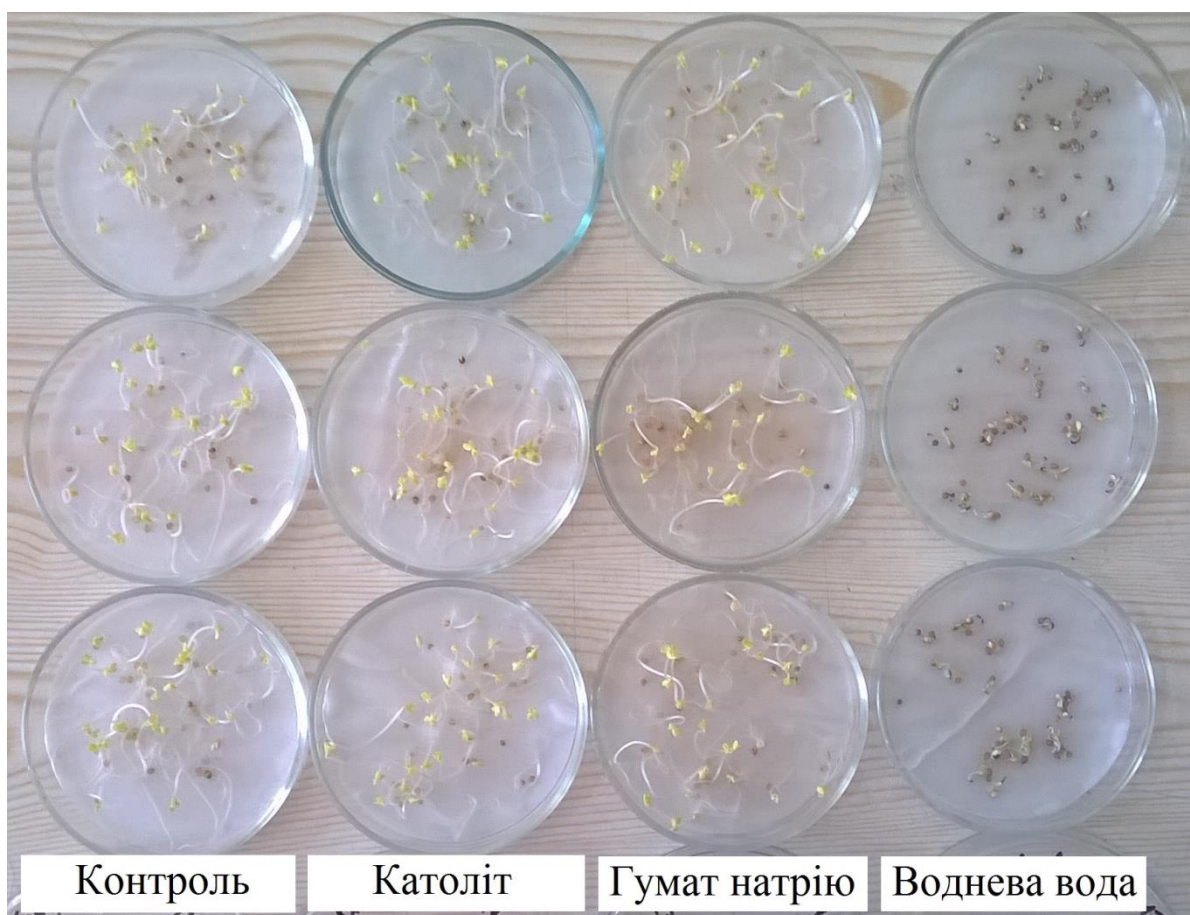
63. Кучковський О. М. Великий практикум з фізіології людини і тварин: основи психофізіології: лабораторний практикум для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «спеціаліст» спеціальності «Біологія». Запоріжжя : ЗНУ, 2016. 144 с.

64. Загребенюк О. Є. Інструкція з охорони праці № 3 при роботі з персональним комп'ютером. Маріуполь : ДонДУУ, 2016. 134 с.

## ДОДАТКИ

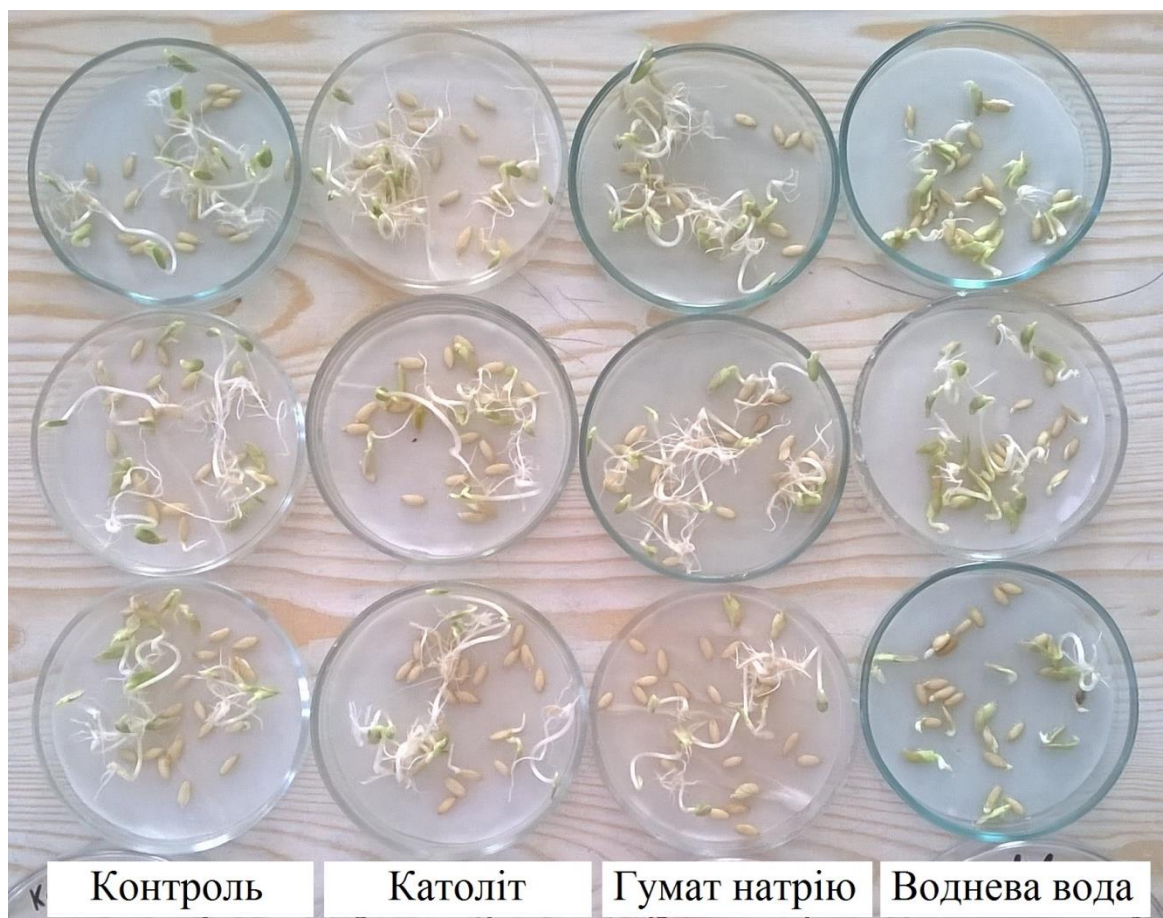
## Додаток А

Результати першого досліду з насінням гірчиці білої



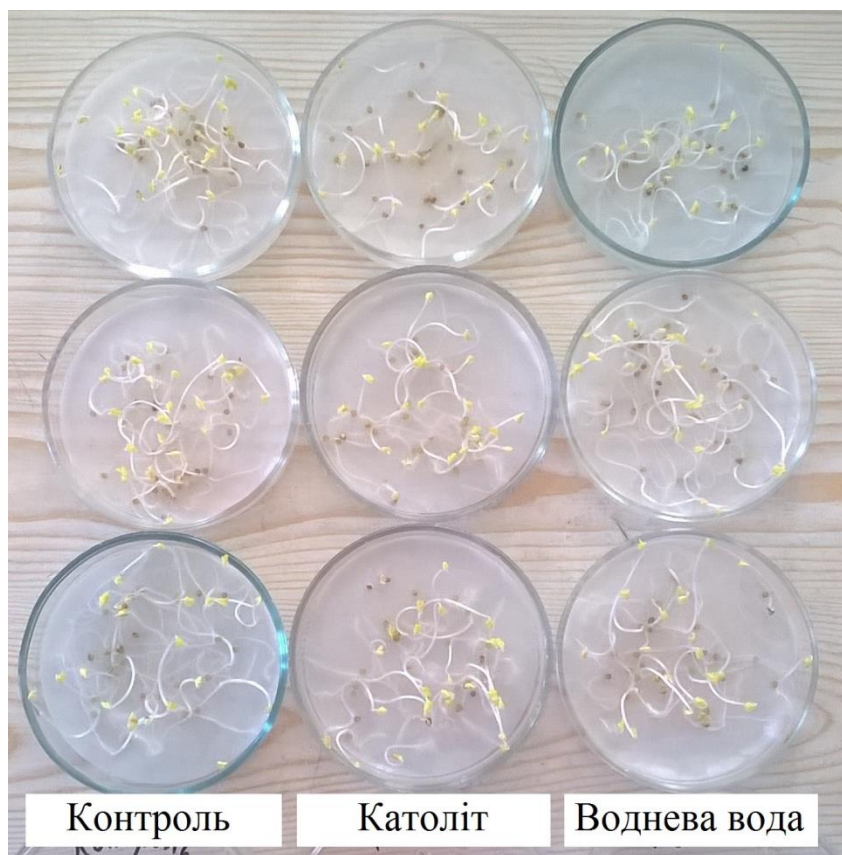
## Додаток Б

## Результати першого досліду з насінням огірків



## Додаток В

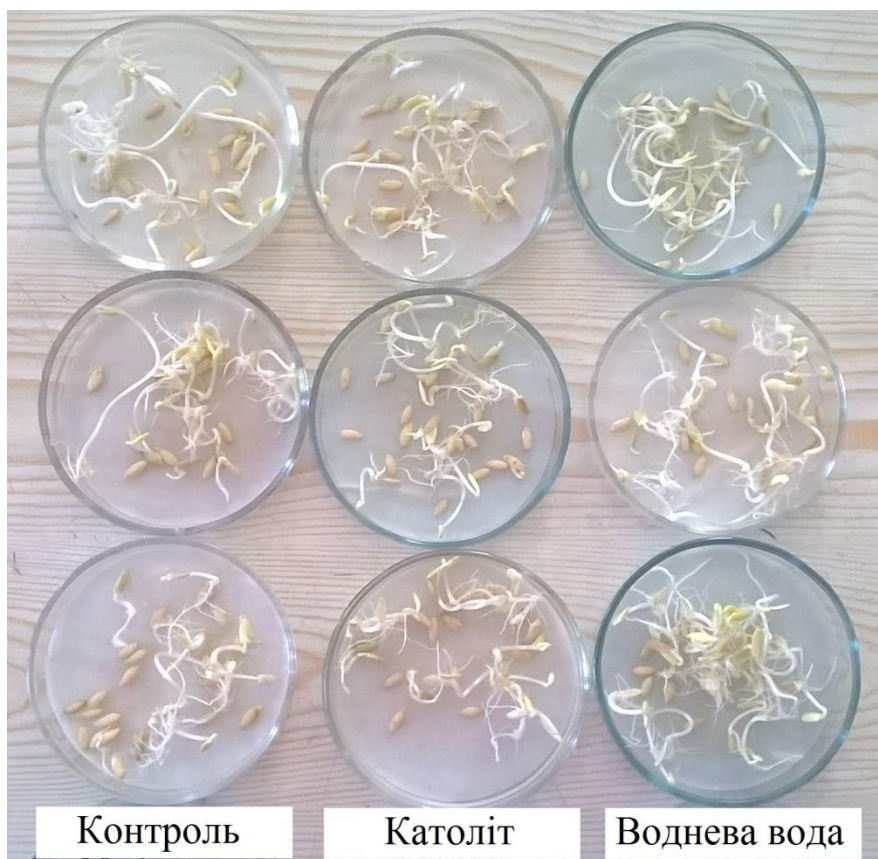
Результати другого досліду з насінням гірчиці білої





## Додаток Г

## Результати другого дослід з насінням огірків



## Додаток Д

Поле зору з клітинами букального епітелію, які контактували *in vitro* з  
водогінною водою



## Додаток Е

Поле зору з клітинами букального епітелію, які контактували *in vitro* з водневою водою



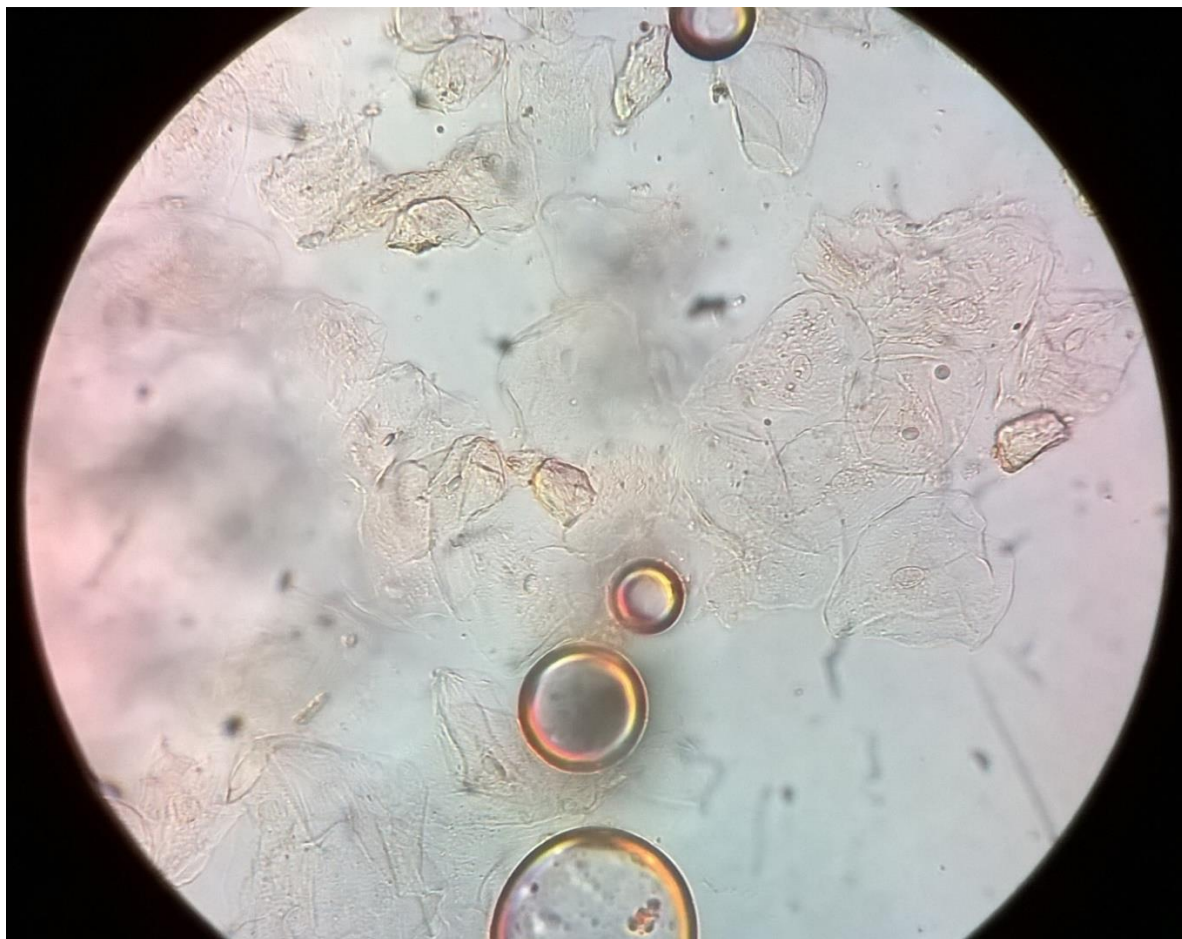
## Додаток Ж

Поле зору з клітинами букального епітелію, які контактували *in vivo* з  
водогінною водою



## Додаток 3

Поле зору з клітинами букального епітелію, які контактували *in vivo* з  
зеленим чаєм



## Додаток И

Поле зору з клітинами букального епітелію, які контактували *in vivo* з католітом

