

## ВАЖЛИВИЙ ПОКАЗНИК РІДКОГО БІОСЕРЕДОВИЩА – ОКИСНО-ВІДНОВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

**О. Ф. Рильський<sup>1</sup>, Ю. Ю. Петруша<sup>1</sup>, П. І. Гвоздяк<sup>2</sup>, Я. С. Рильська<sup>1</sup>, К. О. Домбровський<sup>1</sup>, А. Ю. Масікевич<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Запорізький національний університет, м. Запоріжжя, Україна

<sup>2</sup>Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А. В. Думанського НАН України, м. Київ, Україна

<sup>3</sup>Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна

**Мета роботи** – здійснити аналіз досліджень і публікацій щодо окисно-відновного потенціалу питної води, розчинів на її основі й внутрішнього середовища організму людини, які доводять важливість цього показника для характеристики функціонального стану організму та якості вживаних рідин, зокрема води, і сприятимуть запровадженню нормативів ОБП у стандарти якості цих продуктів та у діагностику й лікування різноманітних патологічних станів.

**Висновки.** Проаналізовані публікації узагальнюють знання про біофізичні, фармакологічні та фізіологічні ефекти рідин із різними ОБП, розширюють розуміння ролі води в організмі. Розглянуті проблеми сприятимуть новим дослідженням ОБП в системах організму, а також дадуть змогу переглянути деякі наукові положення та стандарти щодо води та напоїв. Зокрема, нами пропонується обов'язкове включення показника ОБП до нормативів якості та фізіологічної безпечності питної води.

**Ключові слова:**  
окисно-відновний потенціал, вода, біологічні рідини організму.

Клінічна та експериментальна патологія 2022. Т.21, №3 (81). С. 69-79.

DOI:10.24061/1727-4338.XXI.3.81.2022.10

E-mail:  
Rylsky@ukr.net

## IMPORTANT INDICATOR OF LIQUID BIOENVIRONMENT – OXYGEN-RESTORATIVE POTENTIAL (LITERATURE REVIEW)

**O. F. Rylsky<sup>1</sup>, Yu. Yu. Petrushe<sup>1</sup>, P. I. Gvozdyak<sup>2</sup>, Y. S. Rylska<sup>1</sup>, K. O. Dombrovskiy<sup>1</sup>, A. Yu. Masikevych<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Zaporizhzhia National University, Zaporizhzhia, Ukraine

<sup>2</sup>Institute of Colloid and Water Chemistry of National Academy of Sciences of Ukraine Kyiv, Ukraine

<sup>3</sup>Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

**The purpose of the work** – to realize the analysis of the studies and publications concerning oxygen-restorative potential of the drinking water and internal medium of the human being which prove the significance of this index for the description of the functional state of the organism and quality of the used liquids, in particular water, and contribute to the introduction of ORP norms into the quality standards of these products and diagnostics and treatment of various pathological conditions.

**Conclusions.** The analyzed publications generalize knowledge about biophysical, pharmacological and physiological effects of liquids with different ORP, extend the understanding of water role in the organism. The examined problems contribute to the new ORP investigations in the body systems, and also enable to re-examine some scientific principles and standards as to water and drinks. In particular, we propose obligatory inclusion of ORP index to the quality standards and physiological safety of the drinking water.

**Key words:**  
redox potential, water, biological body fluids.

Clinical and experimental pathology 2022. Vol.21, № 3 (81). P. 69-79.

### Вступ

Відомий з початку ХХ століття окисно-відновний потенціал (ОБП), або редокс-потенціал (RP) привертає останнім часом все більшу увагу фізіологів, медиків, біохіміків і навіть пересічних громадян, які бажають довго і щасливо жити. Показники ОБП вказують, чи у водній системі (воді, крові, сечі, слині, плазмі, молоці, соках, напоях, природних і стічних водах і т.п.) переважають речовини, здатні до реакцій окиснення чи відновлення, тобто до поглинання електронів (електроноакцептори) чи до їх віддачі (електронодонори). Сучасні гігієністи стверджують, що зі зростанням забруднення

навколишнього середовища, вживанням фізіологічно некондиційної питної води, напоїв, інших харчових продуктів формується новий фактор ризику погіршення здоров'я – електронний дефіцит в організмі людини, зокрема, утворення і накопичення в ньому шкідливих активних форм кисню тощо.

Усі біохімічні процеси будь-яких організмів – рослин, тварин, мікроорганізмів – відбуваються за участі води [1]. Виникнення близько 80% хвороб пов'язують із вживанням недоброякісної питної води. Все вищезазначене вимагає розробки і впровадження сучасних гігієнічних нормативів, покликаних запобігати і усувати ризики для здоров'я

людей, пов'язані з дефіцитом електронів в їх природному середовищі. Все це стосується і контролю редокс-стану питної води, а також необхідності забезпечення об'єктивної та повноцінної оцінки методів і приладів з отримання питної води з оптимальними показниками її ОВП [2].

### Мета роботи

Здійснити аналіз досліджень і публікацій щодо окисно-відновного потенціалу питної води, розчинів на її основі й внутрішнього середовища організму людини, які доводять важливість цього показника для характеристики функціонального стану організму та якості вживаних рідин, зокрема води, і сприятимуть запровадженню нормативів ОВП у стандарти якості цих продуктів та у діагностику й лікування різноманітних патологічних станів.

### Основна частина

Окисно-відновний потенціал організму людини зазвичай знаходиться в межах від  $-100$  мВ до  $-150$  мВ, тобто внутрішні середовища людського організму знаходяться у відновленому (електронно-донорному) стані. ОВП звичайної питної води (вода з-під крана,

питна вода в пляшках та ін.) практично завжди значно більший нуля і, як правило, сягає від  $+200$  до  $+300$  мВ. Вказані відмінності ОВП внутрішнього середовища організму людини і питної води означають, що активність електронів у внутрішньому середовищі організму людини набагато вища, ніж у питній воді. Якщо в організм надходить питна вода з ОВП близьким до значення ОВП внутрішнього середовища організму людини, то електрична енергія клітинних мембран не витрачається на корекцію активності води, яка одразу ж засвоюється, оскільки володіє біологічною сумісністю за цим електрохімічним параметром. Вода з негативним ОВП отримала визнання як один із кращих сучасних антиоксидантів. Позитивні значення ОВП можуть стати причиною виникнення багатьох тяжких захворювань, зокрема діабету, гіпертонії, раку, інфаркту і т.п. [3]. Така питна вода у людському організмі відбирає електрони у клітин і тканин, що складаються з води на  $80-90\%$ , і біологічні структури піддаються окиснювальному руйнуванню, в результаті чого життєво важливі органи послаблюються, а організм зношується і старіє [4].

У таблицях 1 та 2 наведено ОВП деяких поширених напоїв, рідин [5-8] та мінеральних вод [9].

Таблиця 1

Окисно-відновний потенціал деяких рідин

Напій або рідина	ОВП, мВ
Сік яблучний	+112±15
Сік виноградний	+150±15
Сік томатний	+36±15
Кава «Нескафе» розчинна	+70±15
Чай чорний	+65±15
Чай зелений	+50±15
Кока-кола	+350±15
Оцтова кислота (5%)	+400±15
Червоне вино	+50±15
Пиво міцне	+74±15
Материнське молоко	-70±15
Молоко (некип'ячене) коров'яче	+150
Апельсиновий свіжоприготований сік	+52
Морквяний свіжоприготований сік	-75
Сік паростків пшениці	-188
Свіжий сік після доби зберігання плодів	+50-100
Оптимальне середовище для росту корисних бактерій (біфідобактерій)	+50 ÷ -200
Вода дистильована	+400
Вода дистильована + шунгіт (через 2 години)	+50
Вода дистильована тала	-15
Вода дистильована тала (через 1 годину)	+50
Вода дистильована після електричного впливу (мікрохвильова піч)	+456
Промивні хромовмісні води гальванічних цехів	+750
Промивні хромовмісні води гальванічних цехів після впливу постійного струму і відфільтрування осаду	+50
Вода підготовлена модифікованим шунгітом	+120
Вода підготовлена обсидіаном та гірський кришталем (1:1)	+220
Вода підготовлена модифікованим шунгітом та обсидіаном і гірським кришталем (1:1)	+70
Артеріальна кров	-80
Венозна кров	-120

Зокрема, є дані стосовно дослідження ОВП водогінної води м. Алмати, селищ Жанатурмис, Коксан, Райимбек, джерел Акбулак і Медео (Казахстан). Також для дослідження відібрано бутильовані води (Tassay,

Кулагерарасан, Тибетська вода, ФрутоНяня, АСЕМ-ай, Вонаqua, Asu, Salute, Sevens). За показником ОВП всі зразки мають позитивний заряд, що несприятливо впливає на організм [3].

Окисно-відновний потенціал мінеральних вод

Марка води	ОВП, мВ
Поляна квасова	+198
Боржомі	+197
Моршинська спортік	+187
Малютко	+183
Моршинська	+180
Buvette	+168
Миргородська лагідна	+160
Малиш	+160
Smarty Family	+153

В окремих роботах розглянуто залежність ОВП від терміну та умов зберігання різних видів питної води (кип'ячена, тала, йонізована). Встановлено, що при зберіганні питної води у відкритому посуді ОВП поступово збільшується та досягає насичення внаслідок динамічної рівноваги води з оточуючим середовищем. Вода з від'ємним ОВП сприятлива для споживання. Вода, яка має позитивний потенціал, може бути використана для виготовлення антиоксидантних аерозолей для збереження плодоовочевої продукції [10].

Деякими авторами [7] запропоновано такі показники якості питної води: ОВП і рівень структурованості. Ці параметри відсутні у всіх проаналізованих, зокрема і в американських стандартах, де є показники саме якості, а не тільки безпечності. Кластерна структура води пов'язана з показником ОВП. Для кластеризації 10-13 молекул ОВП становить  $+250 \div +300$  мВ, а для 5-6 молекул – від'ємний окисно-відновний потенціал. Вода з молекулярною кластеризацією 5-6 молекул легше потрапляє в тканини (збігається з розмірами каналів у мембранах клітин), швидше і ефективніше насичує організм поживними речовинами. Цими ж авторами запропонована нова узагальнена характеристика води для визначення якісних категорій питної води – ОВП. Якщо показник ОВП знаходиться в діапазоні від  $-100$  мВ до  $-200$  мВ, то це можна трактувати як ознаку вищої якості питної води [8].

Іншими авторами також пропонується показник ОВП як новий гідробіологічний показник якості питної води, який дає змогу визначити градації категорії якості [11]. Багато дослідників вважають, що питна вода для людини повинна максимально відповідати властивостям внутрішньоклітинної води. Для такого порівняння, крім хімічних і мікробіологічних досліджень, необхідні й важливі вимірювання ряду фізичних характеристик води як цілісного природного середовища за його внутрішньою біоенергоінформаційною структурою, яка максимально відповідає або близька до внутрішньоклітинної води. До таких характеристик повинні в комплексі належати: структура кластерів води, величина сумарної концентрації природних домішок, розчинних у питній воді, яка частина з цих домішок є електрично активною, тобто визначає явище електричної провідності; який знак і величина ОВП води [12]. Ці положення узгоджуються з нашими попередніми дослідженнями про необхідність введення ОВП як одного з основних стандартних показників якості питної води [9].

Деякими дослідниками величина ОВП води розглядається визначальною характеристикою функціонального стану води. При досягненні величини ОВП більше  $+750$  мВ повне знищення патогенного мікроорганізму *Escherichia coli* досягається за 3 секунди його перебування в реакційній камері. Тобто, величина ОВП води забезпечує контроль ефективності електрохімічної системи знезараження потоку води і є зручним параметром управління процесом знезараження води. Широко відомі антисептичні та бактерицидні властивості електрохімічно активованої води успішно застосовуються для регулювання мікробної активності в бродильних процесах, хлібопекарському виробництві, в галузі підвищення ефективності і термінів зберігання харчової продукції, як миючі та дезінфікуючі засоби. Вода з мінусовим знаком ОВП у широкому діапазоні надає одержаним водним розчинам антиоксидантних, біоенергетичних, метаболічних і імуностимулюючих властивостей [13].

Сьогодні багато компаній та підприємств запроваджують різні технології, які дають можливість створювати воду із від'ємним ОВП. Такі прилади працюють як йонізатори-генератори на принципі електролізу води. Одним із таких приладів є термос-йонізатор-генератор водневої води «Living Water» (ТІГ «LW»), який здатний працювати без стороннього живлення. Процес генерування молекулярного водню відбувається безпосередньо у ТІГ «LW» завдяки хімічній активації води через гідроліз магнію, який є в основі вмонтованого магнісного стержня. Цей метод насичує воду молекулярним воднем, створює електронодонорний стан води, забезпечує від'ємне значення її ОВП та зміну рН у лужний бік. Експериментально встановлено, що при утриманні вод у ТІГ «LW» швидко і інтенсивно відбувається перетворення води з електроноакцепторної (аноліт) на електронодонорну (католіт). Про це засвідчують показники мінусового ОВП досліджуваних вод. Зміна ОВП до від'ємних значень інтенсивно відбувається у всіх водах вже через 30 хв при їх знаходженні в ТІГ «LW» і в подальшому зростає до кінця експерименту впродовж 36 годин. Найбільші від'ємні значення ОВП серед досліджуваних вод через 30 хв утримання в ТІГ «LW» встановлено у водах: «Вишнівецька» –  $-233$  мВ, «Buvette» –  $-230$  мВ, «Карпатськаджерельна» –  $-200$  мВ, «Трускавецька» –  $-185$  мВ. Через 36 годин утримання в ТІГ «LW» найбільшого від'ємного значення ОВП набрала вода «Трускавецька» із показником  $-583$  мВ, а найменшого – «Моршинська» –  $-390$  мВ. Отримані

результати підтверджують ефективність генерування молекулярного водню в ТІГ «LW» [14].

Іншим прикладом технології, що сприяє зниженню ОВП, є електромагнітна обробка води. Науковцями встановлено, що під час обробки води у електромагнітному полі її окисно-відновний потенціал знижується. Ступінь зміни ОВП води залежить від її мінерального складу та параметрів обробки. Також проведено серію дослідів із виявлення дії електромагнітного поля на показник редокс-потенціалу свіжовичавлених соків та їх сумішей. Результати експерименту свідчать, що омагнічена вода набуває властивостей відновлювача [15].

Інтерес становлять роботи зі створення води з від'ємним значенням ОВП шляхом додавання аскорбінової та бурштинової кислот [16]. Автори цієї статті в 1 л водогінної води з параметрами ОВП +111 мВ; рН = 7,1 розчинили 40 мг аскорбінової кислоти. Одержаний розчин мав величину ОВП –8 мВ; рН + 6,9. Розчин у водогінній воді суміші аскорбінової кислоти (10 мг/л) та бурштинової кислоти (150 мг/л) мав параметри: ОВП +32 мВ; рН = 7,4. Тобто, в обох дослідях початкове значення ОВП води (+111 мВ) у розчинах антиоксидантних добавок очікувано зменшувалося в бік електронно-донорного стану на 54...119 мВ. В іншому досліді послідовно розбавляли дистильованою водою вихідний розчин аскорбінової кислоти в дистильованій воді з ОВП –72 мВ. При двократному розбавленні цього розчину одержали ОВП –76 мВ; при подальшому двократному розбавленні ОВП становило –66 мВ; надалі аналогічне розбавлення призводило до значення ОВП –50 мВ.

Нами розроблено пристрій для зниження окисно-відновного потенціалу питної води в польових умовах. Пристрій містить ємність для води та генератор водню, причому додатково має рухомий шток, а генератор водню виконаний у вигляді поєднаних капілярів з ємністю для питної води верхньої та нижньої ємностей, відокремлених хімічно стійкою мембраною, причому верхня ємність заповнена відновником, а нижня – наповнювачем, який при взаємодії з відновником утворює водень. Запропонований пристрій не потребує зовнішніх джерел живлення для зниження окисно-відновного потенціалу води, характеризується портативним конструктивним оформленням і може використовуватися безпосередньо в польових умовах [17].

В останні роки з'явилося багато інформації про унікальну біодобавку – кораловий кальцій, який додають у воду з метою покращення її фізико-хімічних властивостей і набуття нею цілющих властивостей. За літературними даними коралова вода набуває дуже важливої властивості – її окисно-відновний потенціал змінюється в бік негативних показників, що є оптимальним показником ОВП для міжклітинних рідин, тканин організму. Крім того, коралова вода стає структурованою. Дослідження підтверджують, що високі показники довголіття та здоров'я населення островів Окінава та Токунасіма в Японії залежать від якості питної води [18]. Проведені дослідження [19] з визначення ОВП води і рифових відкладень у макролагунах затоки

Балабано (Куба) демонструють значення в діапазоні від –109 мВ до –159 мВ.

Зацікавлення викликають роботи, присвячені дослідженню ОВП екстрактів, настоїв або відварів різних рослин. Зокрема, з'ясовано, що величина відновної здатності екстрактів чорноплідної горобини, глоду криваво-червоного та шишини є позитивною і знаходиться в межах від +167,4 до +238,2 мВ [20].

У роботі [21] представлено ряд мінімальних і максимальних значень ОВП екстрактів рослин (морква, цибуля городня, селера запашна, ромашка лікарська, суданська троянда, мати-й-мачуха, льон звичайний, бадан справжній, горіх волоський, какао). Величина ОВП усіх досліджуваних екстрактів є позитивною і знаходиться в межах від +74,4 до +285,5 мВ.

Результати деяких досліджень рослинної сировини у вигляді водно-спиртових настоїв з об'ємною часткою етанолу 40%, які дозволені у виробництві харчової продукції, свідчать, що величина їх відновної здатності варіює в межах від +74,4 мВ (кріп пахучий) до +219,2 мВ (шавлія лікарська); залежно від антиокиснювальної активності вони можуть бути розділені на три групи: настої з низькою активністю (від 0 до +100 мВ); настої з середньою активністю (від +100 до +200 мВ); настої з високою активністю (від +200 мВ та вище) [22].

Результати наших досліджень показали, що в анаеробних умовах у відварах із сіна, ромашки і розторопші спостерігалось підвищення показника ОВП на 5-ту добу (сіно – +128,3 мВ, ромашка – +104,8 мВ, розторопша – +112 мВ) і поступове зниження в наступні дні. На 14-ту добу відвар із ромашки мав найбільш низький показник і становив –238 мВ. У відварі з соломи значення ОВП збільшувалися протягом десяти діб з +122,3 до +180,1 мВ, а на 14-ту добу показники різко знижувалися (+107,6 мВ). У відварі з м'яти величина значень змінювалася стрибкоподібно. На 5-ту добу спостерігалось зростання показників (+120,9 мВ), потім різкий спад значень на десяту добу (+63,5 мВ), після чого на 14-ту добу зростання показника відновлювалося (+83,3 мВ) [23].

Недавні наші дослідження [24] переконливо продемонстрували присутність в офіційних рослинних лікарських засобах (аптечних травах, квітках, корі, кореневищах) стійких до кип'ятіння мікроорганізмів, здатних у безкисневих умовах знижувати ОВП підсолондженних сахарозою відварів цих рослин до рівня –250 ÷ –450 мВ.

Є окремі роботи щодо вивчення прямого впливу ОВП на стан риб та якість води в системах морської рециркуляції аквакультури. У цьому дослідженні було вивчено вплив рівня ОВП на продуктивність морського окуня (*Dicentrarchus labrax*). Виявлено, що на декілька гематологічних параметрів, включаючи рН, гематокрит, концентрацію кисню, вуглекислого газу, глюкози, йонізованого кальцію, калію та гемоглобіну, суттєво вплинуло підвищення рівня ОВП протягом експериментального періоду. При ОВП близько 300-320 мВ у морського окуня зафіксовано зміни досліджуваних параметрів, а після того, як ОВП перевищував 320 мВ спостерігалась загибель риб. Результати експериментів засвідчують, що для

європейського морського окуня ОВП води не повинен перевищувати 320 мВ [25].

За твердженням деяких авторів визначальна роль у перемиканні структурних процесів реорганізації тканини належить редокс-потенціалу. Розуміння впливу редокс-потенціалу на процеси, що перебігають у клітині як структурній одиниці організму, дає можливість зрозуміти природу загальних процесів, що перебігають на рівні організму. ОВП клітини є показником її функціонального стану та визначальним фактором її структурних перетворень [5, 22].

Вперше редокс-потенціал в середовищі, що містить живі організми (культури анаеробних бактерій), було виміряно за допомогою індиферентного електрода в роботі Л. Джіллеспі. При вимірюванні ОВП в культурі бактерій або в суспензії клітин і тканин, занурюючи електрод в досліджуване середовище, визначають різницю потенціалів між робочим електродом і електродом порівняння. Таким чином, виміряні в суспензіях клітин потенціали електрода не відображають потенціал живої клітини. Для потенціометричного вимірювання ОВП клітини необхідно ввести електрод всередину клітини, що є практично неможливим через малі розміри об'єкту і руйнування клітини при введенні навіть нанорозмірного електрода [26].

Якщо розглядати організм як складну систему, що складається з набору різних систем (органів, тканин, клітин), однією з ключових є система кровообігу. На рівні організму кров слід представити у вигляді каналів зв'язку між різними підсистемами, а сама кров перетворюється на комунікаційного посередника, що визначає не тільки енергетичну, а й інформаційну підтримку функціонування як різних органів і систем, так і самого організму. Отже, система кровообігу відіграє найважливішу роль у регуляції життєзабезпечення організму, тобто гомеостазу, включаючи його окисно-відновний компонент. Тому, ОВП внутрішнього середовища організму, а зокрема крові, є інтегральним показником балансу окисно-відновної системи і служить джерелом інформації про стан організму.

Перші вагомні роботи з вимірювання ОВП крові та сироватки крові проведено С. Бембе і С. Дітріхом та П. Рейссом. Виявлено різницю близько 280 мВ у величинах ОВП сироватки крові в аеробних і анаеробних (в струмі азоту) умовах. Відмінність між двома цими величинами пов'язують із впливом кисню. При порівнянні електрохімічних властивостей сироватки крові, плазми крові та цільної крові С. Бембе і С. Дітріх не виявили значної різниці у величинах ОВП в умовах без доступу кисню і відзначили невелике розходження в умовах із доступом кисню [27, 28].

На початковому етапі вимірювань редокс-потенціалів питанню відмінності величин ОВП крові, плазми і сироватки крові було присвячено значну кількість робіт. Виявлено, що ОВП цільної крові є більш негативним порівняно з плазмою та сироваткою крові. Крім дослідів *in vitro*, з початком активних вимірювань ОВП, рядом дослідників були зроблені спроби вимірювання редокс-потенціалу безпосередньо

в циркулюючій крові *in vivo*. Отримано дані про сезонні зміни ОВП, зафіксовано зміну потенціалу при наявності інфекційних захворювань, діабеті, онкологічних захворюваннях, туберкульозі [29, 30].

Найбільший інтерес у дослідників викликала можливість за допомогою простих вимірів виявити якісні та кількісні зв'язки ОВП із певними біохімічними параметрами досліджуваних середовищ організму. В якості діагностичного критерію ОВП вперше використано при аналізі сироватки крові онкологічних хворих, однак різними дослідниками отримано протилежні дані. Однією з перших робіт, спрямованих на вивчення впливу антиоксидантів на величину ОВП, було дослідження С. Бембе і С. Дітріха. Автори виявили, що додавання аскорбінової кислоти до сироватки крові призводило до зміщення величини редокс-потенціалу досліджуваної системи в ділянку негативних значень. У дослідженнях Л. Мейєра при патологічних станах, особливо при інфекційних захворюваннях, діабеті та кардіоваскулярних розладах різниця у величинах ОВП між здоровими і хворими людьми досягала 40 мВ. У ряді випадків збільшення позитивних значень ОВП автори пов'язували з дефіцитом аскорбінової кислоти. Виявлено зміщення величин ОВП в негативну ділянку при шизофренії, онкологічних захворюваннях і туберкульозі. Ці дані значно розходяться з даними Н. Ватермана, М. Акцяя, С. Бембе і С. Дітріха і Л. Мейєра [31, 32].

У 60-х роках ХХ століття з'являються роботи з пошуку взаємозв'язку величин і знаку ОВП із різними біохімічними параметрами життєдіяльності організму. Виявлено кореляцію величини ОВП у крові, плазмі та сироватці крові з величинами напруги кисню і вуглекислого газу в крові, а також зі співвідношенням піруват/лактат, параоксоназа/арилестераза і статусом перекисного окиснення ліпідів. Крім того, останнім часом виявлено кореляції величин ОВП внутрішніх рідин організму з віком пацієнта, наявністю окисного стресу, інфекційними захворюваннями, геморагічним шоком, нейротравмами, поліорганною недостатністю, наслідками проведення операції аортокоронарного шунтування, терапією із застосуванням гіпербаричної оксигенації. Описані також спроби визначення цілості органів для трансплантації за допомогою вимірювань ОВП так званих перфузатів, тобто розчинів після промивання судин органу, який трансплантують [33-38].

Отже, до теперішнього моменту на багатьох прикладах показано, що вимірювання величин ОВП біологічних середовищ може слугувати потужним діагностичним й аналітичним інструментом, що дає змогу оцінювати стан балансу про-та антиоксидантних систем організму та процесів, пов'язаних із зазначеним балансом, а також диференціювати різні патологічні стани. Зокрема, доведено, що вживання питної води з від'ємним значенням ОВП покращує стан крові [39].

Є розробки, спрямовані на досягнення адекватної корекції функціонального стану людини ще за відсутності виражених симптомів захворювання. Зокрема, запропоновано метод

оцінки окисно-відновного потенціалу в організмі людини, тварин та рослин, а також у воді, повітрі чи ґрунтах, що оточують ці організми. Дані вимірювань дозволяють виявляти внутрішній аномальний стан організму і можуть використовуватися в галузі охорони здоров'я [40].

Дослідженнями корейських учених було доведено, що застосування води з негативним ОВП чинить сильну гальмівну дію на розвиток злоякісної пухлини і поширення метастазів. До 19-го дня експерименту в групі мишей, які отримували воду з негативним редокс-потенціалом, спостерігалось гальмування зростання злоякісної пухлини на 54%. Істотно збільшувалася також тривалість життя хворих мишей. У контрольній групі середнє виживання становило 36 днів, в експериментальній – 44. Отже, тривалість життя мишей збільшилася на 33,3%. Експериментальні дослідження показали також, що вода з негативним ОВП здійснює гальмуючий ефект на розвиток метастазів [41].

В результаті досліджень японських вчених з'ясовано один із можливих механізмів протипухлинної дії води (розчинів) із негативним ОВП. Доведено, що розчин із негативним редокс-потенціалом блокує здатність теломери зв'язуватися з теломерами злоякісних клітин, що призводить до істотного скорочування хромосом ракових клітин і їх відмирання – тобто відновлення процесів апоптозу [42].

Після введення клітин штаму злоякісного раку шкіри (меланома В16) у черевну порожнину білих щурів, які вільно пили лужну воду з низьким ОВП і високим рН (вироблену шляхом додавання мінерального збагачувача) розміри пухлин щурів порівняли з початковими через 10 днів [43]. У результаті відзначено, що швидкість, з якою пухлина росла у білих щурів, яких поїли лужною водою, була значно нижчою, ніж у контрольній групі. Лужна вода, створена мінеральним збагачувачем, підвищує імунні функції і є ефективним засобом для пригнічення росту і метастазування ракових клітин. Крім того, рівні всіх цитокінів, що ілюструють клітинний і гуморальний імунітет, зросли. Також досліджувана вода знижує у крові рівень глюкози, тригліцеридів і холестерину.

Вода з позитивним ОВП *in vitro* достовірно збільшує об'єм, масу і знижує міцність жовчних каменів переважно пігментно-бактеріальної природи, не впливає на потенціал секреції слизу. Рідина з від'ємним окисно-відновним потенціалом істотно знижує ОВП шлункового соку, але не впливає на масу пристінкового слизу.

Тривалий прийом рідин із від'ємним ОВП збільшує тривалість життя тварин, знижує вміст в їх крові малонового діальдегіду – кінцевого продукту перекисного окиснення ліпідів, що засвідчує про посилення антирадикальних властивостей крові, при цьому зафіксовано зниження активності гамма-глутамінтранспептидази, амілази і лужної фосфатази. Рідина з від'ємним ОВП в моделях патологій шлунково-кишкового тракту не володіє гастропротекторними властивостями, прискорює регенерацію виразкових дефектів слизової оболонки шлунку і виявляє гепатопротекторні властивості при хронічному

тетрахлорметановому ураженні печінки. Застосування в клінічній практиці водних розчинів із низьким окисно-відновним потенціалом дасть змогу у ряді випадків оптимізувати лікування, знизити дозування застосовуваних препаратів, поліпшити якість життя хворих, зменшити витрати на лікування [44].

Результати аналізу редокс-потенціалу крові поросят віком від 5 до 30 діб показали, що у п'ятиденних здорових поросят і таких, у яких діагностували анемію, редокс-потенціал мав позитивні значення, що засвідчує про процеси інтенсивного окиснення, спричинені адаптивними механізмами, однак у поросят з анемією абсолютні значення показників були більшими. За період від 5-ї до 30-ї доби у здорових поросят поступово збільшується кількість відновних еквівалентів, тоді як у хворих зростає дисбаланс між окисненими та відновленими еквівалентами у бік окиснення [45].

Відомо [46], що зниження окисно-відновного потенціалу води на кожні 59 мВ призводить до збільшення кількості електронів у 10 разів. В експериментах досліджено вплив навантаження водою від'ємного окисно-відновного потенціалу на показники функції нирок порівняно з індукованим діурезом звичайною водогінною водою в олігуричній стадії сулемової нефропатії. За умов дослідження встановлено гальмування діурезу та відносного діурезу, що обумовлено покращенням реабсорбції йонів натрію в проксимальних і дистальних каналцях за рахунок збільшення постачання електронів до каналців нирок. Виявлено захисну та антиоксидантну дію від'ємного окисно-відновного потенціалу води, що проявляється зниженням рівня дієнових кон'югат, малонового альдегіду, ступеня набухання та пошкодження коркової речовини нирок, а також покращенням реабсорбції йонів натрію,  $\beta$ -2-мікроглобуліну в проксимальних каналцях зі зменшенням втрати цього катіона з сечею за рахунок збільшення надходження електронів до каналців нирок [47, 48].

Використання активованої води високої якості (з від'ємним ОВП) у харчуванні населення останнім часом активно розвивається в США, Канаді, Франції, Німеччині, Австрії, Ізраїлі, Австралії та арабських країнах. Сьогодні активована вода широко використовується населенням Японії, країн Південно-Східної Азії та Індонезії. В Україні така вода не отримала широкого практичного застосування. Регулярне споживання такої води сприятиме посиленню антиоксидантного захисту організму від несприятливих впливів окиснювальних факторів харчування та довкілля, активізації внутрішньоклітинних процесів обміну речовин, нейтралізації токсинів, забезпеченню стабільності внутрішньої екології організму людини [49].

Відомі також роботи з вивчення зв'язку ОВП сперми та безпліддя, асоційованого з варикоцеле. Рівні ОВП негативно корелювали з концентрацією сперматозоїдів, рухливістю і морфологією. При порівнянні пацієнтів із різною виразністю варикоцеле значущої різниці ОВП сперми продемонстровано не було [50]. Рівні ОВП були значно підвищені в зразках сперми з відхиленнями

в показниках. Встановлено, що ОВП є надійним методом визначення якості сперми. Впровадження ОВП в діагностику чоловічого безпліддя може допомогти подолати високу технічну варіабельність спермограми і допомогти в діагностиці безпліддя, асоційованого з оксидативним стресом [51].

Сучасні проведені дослідження [52] дають змогу зробити висновок про специфічний вплив катодної води (ОВП = -280 мкВ, рН = 9-11) на спектр вільних амінокислот крові експериментальних тварин. Результати досліджень щодо впливу властивостей води на метаболізм амінокислот надають спроможність зробити висновок, що активована вода здійснює позитивний вплив на їх обмін.

При аналізі гігантського матеріалу про значущість ОВП для життєдіяльності всіх організмів у біосфері від одноклітинних бактерій до людини виникає ряд дуже важливих питань, відповіді на які увесь сьогоднішній багаж знань не дає. Наприклад, у чому причина підтримки від'ємних значень ОВП в крові людини (-70 – -120 мВ)? Зрозуміло, що «плавання» ОВП крові може регулюватись споживанням різних продуктів і розчинів (соків, напоїв, води з різними ОВП). Про це засвідчує утворення мікроконцентрацій H<sub>2</sub>S при взаємодії аліцину з еритроцитами крові. Аліцин же, у свою чергу, утворюється при вживанні гомогенізованого часнику. Як відомо, сірководень, введений у рідке середовище, здатен різко знизити його ОВП. Можливо у цьому полягає лікувальний ефект часнику та максимальне його споживання в «часникових» провінціях Китаю, які багаті довгожителлями. До цього ж роздуму можна приєднати значення ОВП води «Нафтуса» (-100 мВ) [53], яке відіграє набагато більшу роль у лікувальній здатності, ніж насиченість цієї води складними органічними речовинами. Дослідженнями встановлено, що при низьких концентраціях сірководню (менше 0,3 мг/дм<sup>3</sup>) величина ОВП не залежить від концентрації H<sub>2</sub>S й коливається в межах від +50 мВ до +350 мВ залежно від проби мінеральної води. У присутності сірководню до 2,3 мг/дм<sup>3</sup> значення ОВП знижується до -50 мВ для проб води «Нафтуса», які використовуються для лікування [54]. Низький ОВП або динаміка його зміни в крові може бути головним пусковим фактором найважливіших регуляторних процесів як у клітинах, так і у всьому організмі в цілому. Це відноситься до процесів мейозу та мітозу, індукції та репресії синтезу білків, поділу одноклітинних і багатоклітинних організмів і т.д.

### Висновки

1. Проаналізовані публікації узагальнюють знання про біофізичні, фармакологічні та фізіологічні ефекти рідин із різними ОВП, розширюють розуміння ролі води в організмі.

2. Розглянуті проблеми сприятимуть новим дослідженням ОВП в системах організму, а також дадуть змогу переглянути деякі наукові положення та стандарти щодо води та напоїв. Зокрема, нами пропонується обов'язкове включення показника ОВП до нормативів якості та фізіологічної безпечності питної води.

Клінічна та експериментальна патологія. 2022. Т.21, № 3 (81)

### Список літератури

1. Гвоздяк ПІ. Біохімія води. Біотехнологія води. Київ; 2019. 228 с.
2. Міністерство розвитку громад та територій України. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2019 році. Київ; 2020. 349 с.
3. Ворохта ЮМ. Гігієнічна оцінка впливу мінерального складу питних вод на здоров'я населення [автореферат]. Київ; 2007. 23 с.
4. Зоріна ОВ, Протас СВ. Гігієнічна оцінка якості водопровідних питних вод за санітарно-хімічними показниками та удосконалення науково-методологічних підходів до їх оцінки з урахуванням вимог європейського законодавства. ScienceRise: Biological Science. 2018;4:4-11. doi: 10.15587/2519-8025.2018.140861
5. Ashbach D. Lecznicza woda. Białystok: Vital; 2018. 252 p.
6. Олійник СІ, Тарасюк ЛА, Самченко Ю, Антонюк АМ. Важливість окисно-відновного потенціалу у технології напоїв. В: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека; 2018 Лис 14-15; Київ. Київ; 2018, с. 144.
7. Міхалева М, Обуховська Н. Нові гідробіологічні показники якості для питної води як харчового продукту номер один. Вимірювальна техніка та метрологія. 2010;71:148-52.
8. Міхалева МС, Світлик ІВ. Можливості використання електрохімічних технологій для модифікування властивостей та контролю якості води. Технологічний аудит та резерви виробництва. 2014;3(1):31-3. doi: 10.15587/2312-8372.2014.25279
9. Петруша ЮЮ, Рильський ОФ, Гвоздяк ПІ. Деякі важливі фізико-хімічні показники ряду мінеральних вод, які широко застосовуються в побуті. Innovative Biosystems and Bioengineering. 2018;2:27-35. doi: 10.20535/ibb.2018.2.2.125261
10. Дьоміна НА, Морозов МВ, Рожкова ОП. Дослідження окисно-відновного потенціалу води. В: Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем; 2021 Кві 15-29; Мелітополь. Мелітополь; 2021, с. 99-100.
11. Бохан ЮВ, Терещенко ОВ. Окисно-відновний потенціал води як новий гідробіологічний показник якості питної води. В: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції Здоровий спосіб життя – здорова людина – здорове суспільство; 2014 Кві 10-11; Кіровоград; 2014, с. 28-31.
12. Українець, Большак ЮВ, Маринін АІ, Шпак ВВ, Штепа ДВ. Дослідження закономірностей набуття водою, збагаченою воднем, відновних електроннодонорних властивостей. В: Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції Перспективи майбутнього та реалії сьогодення в технологіях водопідготовки; 2019 Лис 14-15; Київ. Київ; 2019, с. 21-2.
13. Українець АІ, Большак ЮВ, Маринін АІ, Святненко РС. Окисно-відновний баланс питної води – показник її якості та фізіологічної повноцінності. Харчова промисловість. 2018;24:6-14. doi: 10.24263/2225-2916-2018-24-3
14. Покотило ОС, Головач ПІ, Покотило СО. Дослідження закономірностей утворення електроннодонорної води на основі змін рН і ОВП вод в термосах-іонізаторах-генераторах «Living water». Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. 2019;4:24-9. doi: 10.25128/2078-2357.19.4.4
15. Штепа ЄП, Михайлова КА. Дослідження зміни властивостей питної води, соків та напоїв під впливом електромагнітної обробки. Вчені записки Таврійського національного університету імені ВІ. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2019;30(5):114-21. doi: 10.32838/2663-5941/2019.5-2/21
16. Українець АІ, Большак ЮВ, Маринін АІ. Застосування безреагентно модифікованої води для підвищення ефективності харчового виробництва і поліпшення якості продукції. Наукові

- праці національного університету харчових технологій. 2017;23(5 Ч 1):186-99. doi: 10.24263/2225-2924-2017-23-5-1-24
17. Рильський ОФ, Гвоздяк ПІ, Чаусовський ГО, Лашко НП, Камєнова ОП, винахідники; Запорізький національний університет, патентовласник. Пристрій для зниження окисно-відновного потенціалу питної води в польових умовах. Патент України № 131718. 2019 Січ 25.
  18. Неведомська ЄО. Вплив коралової води на живі організми. World Science. 2016;3(2):6-10.
  19. Plante R, Alcolado PM, Martinez-Iglesias JC, Ibarzabal D. Redox potential in water and sediments of the Gulf of Batabanó, Cuba. Estuarine Coastal and Shelf Science. 1989;28(2):173-84. doi: 10.1016/0272-7714(89)90064-4
  20. Гойко ІЮ, Сімахіна ГО. Перспективи використання дикорослої сировини для одержання безалкогольних напоїв антиоксидантної дії. Наукові праці національного університету харчових технологій. 2014;20(6):220-6.
  21. Оносова ІА, Рачинська ЗП. Використання антиоксидантних властивостей рослинної сировини як запорука безпечності лікєро-горілчанх виробів. В: Матеріали І міжнародної науково-практичної інтернет-конференції Актуальні проблеми теорії і практики експертизи товарів; 2014 Бер 18-20; Полтава. Полтава; 2014, с. 124-6.
  22. Кузьмін ОВ, Білоусов ДЮ, Лівар ОВ. Окисно-відновний потенціал як один з показників оцінки антиоксидантної здатності харчових продуктів. В: Матеріали VII міжнародної науково-практичної інтернет-конференції Харчові добавки. Харчування здоровох і хворої людини; 2016 Тра 30-31; Кривий Ріг. Кривий Ріг; 2016, с. 20-1.
  23. Рильський ОФ, Гвоздяк ПІ, Петруша ІЮЮ. ОВП – Важливий фактор реалізації лікувального ефекту водних вилучень з лікарської рослинної сировини. В: Матеріали V Міжнародної наукової конференції Лікарські рослини: традиції та перспективи досліджень; 2021 Кві 02; Березоточа. Лубни: Інтер парк; 2021, с. 300-2.
  24. Гвоздяк П, Рильський О, Ремез С, Невинна Л. Біологічне зниження окисно-відновного потенціалу водних відварів лікарських рослин. В: Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції Перспективи майбутнього та реалії сьогодення в технологіях водопідготовки; 2019 Лис 14-15; Київ. Київ; 2019, с. 43-4.
  25. Li X, Blancheton JP, Liu Y, Triplet S, Michaud L. Effect of oxidation-reduction potential on performance of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) in recirculating aquaculture systems. Aquaculture International. 2014;22(4):1263-82. doi: 10.1007/s10499-013-9745-3
  26. Gillespie LJ. Reduction potentials of bacterial cultures and of water logged soils. Soil Science. 1920;9(4):199-216.
  27. Reiss P. L'action du potentiel d'oxydation-réduction du milieu sur l'autolyse protéique du cristallin et du corps vité. Archives de Physique Biologique. 1940;15(4):39-40.
  28. Reiss P. Action du potentiel d'oxydation-réduction du milieu sur l'activité de différentes protéinases: Hydrolyse et condensation. Archives de Physique Biologique. 1942;16(Suppl):134.
  29. Akcay M. The oxidation-reduction potential and redox capacity of blood and plasma (in vitro) in different conditions. Acta Medica Turcica. 1956;8:3.
  30. Legresti L. Contribución experimental al potencial redox. Tuberculosis, estreptomycin y potencial redox. Acta Argentina de Fisiología y Fisiopatología. 1953;3:17-29.
  31. Cater DB, Phillips AF, Silver IA. The measurement of oxidation-reduction potentials, pH, and oxygen tension in tumours. Proceedings of the Royal of London. Society B, Biological Sciences. 1957;146(924):382-99. doi: 10.1098/rspb.1957.0019
  32. Serejski M, Snejerson S. Die Bedeutung des sogenannten redoxpotentials für die pathologie (speziell für die Schizophrenie). Zeitschrift für die Gesamte Experimentelle Medizin. 1937;100:621-30.
  33. Rael LT, Bar-Or R, Mains CW, Slone DS, Levy AS, Bar-Or D. Plasma Oxidation-Reduction Potential and Protein Oxidation in Traumatic Brain Injury. J Neurotrauma. 2009;26(8):1203-11. doi: 10.1089/neu.2008.0816
  34. White NJ, Collinson MM, Boe RA, Ward KR. Redox Monitoring Reveals Increased Susceptibility of Whole Blood to Oxidative Stress During Hemorrhagic Shock. Circulation. 2008;118:1488.
  35. Margină D, Grădinaru D, Mitrea N. Development of a potentiometric method for the evaluation of redox status in human serum. Revue Roumaine de Chimie. 2009;54(1):45-8.
  36. Kolls JK. Oxidative stress in sepsis: a redox redux. The Journal of Clinical Investigation. 2006;116(4):860-3. doi: 10.1172/jci28111
  37. Липовецька ОБ. Вплив довготривалого споживання некондиційної за мінеральним складом питної води на формування неінфекційної захворюваності населення та розробка профілактичних заходів [дисертація]. Київ; 2016. 177 с.
  38. Bar-Or R, Rael LT, Curtis CG, Mains CW, Slone DS, Dar-Or D. Raman spectral signatures of human liver perfusates correlate with oxidation reduction potential. Mol Med Rep. 2009;2(2):175-80. doi: 10.3892/mmr\_00000080
  39. Matsiyevska O. Influence of redox potential of different water quality on the human blood. Технологічний аудит та резерви виробництва. 2017;1-3:34-8. doi: 10.15587/2312-8372.2017.93633
  40. Ootomo Y, inventor; Current Assignee Endo Process YK, assignee. Health care instrument containing oxidation-reduction potential measuring function. United States patent 6269261B1 US. 2001 Jul 31.
  41. Lee KJ, Park S, Kim JW, Kim GY, Ryang YS, Kim CH, et al. Anticancer effect of alkaline reduced water. Journal of International Society of Life Information Science. 2004;22(2):302-5. doi: 10.18936/islis.22.2\_302
  42. Shirahata S, Murakami E, Kusumoto K, Yamashita M, Oda M, Temya K, et al. Telomere shortening in cancer cells by electrolyzed-reduced water. Animal Cell Technology: Challenges for the 21st Century. 2002;208:355-9. doi: 10.1007/0-306-46869-7\_62
  43. Luh J, Bartram J. Drinking water and sanitation: progress in 73 countries in relation to socioeconomic indicators. Bull World Health Organ. 2016;94(2):111-121A. doi: 10.2471/blt.15.162974
  44. Прокопов ВО, Липовецька ОБ. Оцінка якості питної води з підземних вододжерел України з погляду впливу на стан здоров'я населення. Науковий вісник Національного медичного університету імені ОО Богомольця. 2012;4:122-6.
  45. Чала ІВ, Петрук РО. Редокс-потенціал крові за анемії поросят. В: Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції Сучасні аспекти лікування і профілактики хвороб тварин; 2021 Жов 20-21; Полтава. Полтава; 2021, с. 46-8.
  46. Роговий ІЮС, Колеснік ОВ, Бочаров АВ. Вплив води від'ємного окисно-відновного потенціалу на функцію нирок в олігуричній стадії сулемової нефропатії. Вісник наукових досліджень. 2017;1:129-33. doi: 10.11603/2415-8798.2017.1.7538
  47. Rohovyi YY, Kolesnik OV. Influence of negative redox potential on functional and biochemical processes of the kidneys at the polyuric stage of sublimite nephropathy. Journal of Education, Health and Sport. 2020;10(1):188-200. doi: 10.12775/JEHS.2020.10.01.021
  48. Роговий ІЮС, Цитрін ВЯ. Вплив води від'ємного окисно-відновного потенціалу з насиченням воднем на функції нирок у шурів. Буковинський медичний вісник. 2022;26(1):23-8. doi: 10.24061/2413-0737.XXVI.1.101.2022.3
  49. Пересічний М, Федорова Д. Електроактивована вода у харчуванні людини. Товари і ринки. 2013;1(15):70-86. Клінічна та експериментальна патологія. 2022. Т.21, № 3 (81)



50. Arafa M, ElBardisi H, Majzoub A, AlSaid S, Jaber AR, Khalafalla K, et al. MP07-17 role of oxidation reduction potential in varicocele associated male infertility. *The Journal of Urology*. 2017;197(4S):e88. doi: 10.1016/j.juro.2017.02.283
51. Agarwal A, Wang SM. Clinical relevance of oxidation-reduction potential in the evaluation of male infertility. *Urology*. 2017;104:84-9. doi: 10.1016/j.urology.2017.02.016
52. Прокопов ВО, Липовецька ОБ, Антомонов МЮ. Вплив мінерального складу питної води на хвороби системи кровообігу. *Довкілля та здоров'я*. 2016;4:54-8.
53. Дацько ОР, Бубняк АБ, Положин ІП. Окисно-відновний потенціал мінеральних вод Трускавецького та Східницького родовищ. *Медицина гідрологія та реабілітація*. 2011;9(4):72-9.
54. Berezovsky VYa, Datsko OR, Zukow W. Correlations between chemical macro composition and redox potential for mineral waters from Truskavets deposit. *Journal of Education, Health and Sport*. 2015;5(1):139-50. doi: 10.5281/zenodo.14551
- References**
- Hvozdiak PI. *Biokhimiia vody. Biotekhnolohiia vody* [Biochemistry of water. Biotechnology of water]. Kyiv; 2019. 228 p. (in Ukrainian)
  - Ministerstvo rozvytku hromad ta terytorii Ukrainy. *Natsional'na dopovid' pro yakist' pytnoi vody ta stan pytnoho vodopostachannia v Ukraini u 2019 rotsi* [National report on the quality of drinking water and the state of drinking water supply in Ukraine in 2019]. Kyiv; 2020. 349 p. (in Ukrainian)
  - Vorokhta YuM. *Hihienichna otsinka vplyvu mineral'noho skladu pytnykh vod na zdorov'ia naselennia* [avtoreferat] [Hygienic assessment of the influence of the mineral composition of drinking water on the health of the population [author's abstract]]. Kyiv; 2007. 23 p. (in Ukrainian)
  - Zorina OV, Protas SV. *Hihienichna otsinka yakosti vodoprovodnykh pytnykh vod za sanitarno-khimichnyy pokaznykamy ta udoskonalennia naukovo-metodolohichnykh pidkhdov do yikh otsinky z urakhuvanniam vymoh yevropeis'koho zakonodavstva* [Hygienic assessment of the quality of tap drinking water according to sanitary and chemical indicators and improvement of scientific and methodological approaches to their assessment, taking into account the requirements of European legislation]. *ScienceRise: Biological Science*. 2018;4:4-11. doi: 10.15587/2519-8025.2018.140861 (in Ukrainian)
  - Ashbach D. *Lecznicza woda. Białystok: Vital*; 2018. 252 p.
  - Oliinyk CI, Tarasiuk LA, Samchenko IO, Antoniuk AM. *Vazhlyvist' oksyno-vidnovnoho potentsialu u tekhnolohii napoiv* [The importance of redox potential in beverage technology]. V: *Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, Ozdorovchi kharchovi produkty ta dietychni dobavky: tekhnolohii, yakist' ta bezpeka*; 2018 Lys 14-15; Kyiv. Kyiv; 2018, p. 144. (in Ukrainian)
  - Mikhailieva M, Obukhovs'ka N. *Novi hidrobiolohichni pokaznyky yakosti dlia pytnoi vody yak kharchovoho produktu nomer odyn* [New hydrobiological quality indicators for drinking water as the number one food product]. *Vymiriuvai'na tekhnika ta metrolohiia*. 2010;71:148-52. (in Ukrainian)
  - Mikhailieva MS, Svitlyk IV. *Mozhlyvosti vykorystannia elektrokhimichnykh tekhnolohii dlia modyfikuvannia vlastyvostei ta kontroliu yakosti vody* [Possibilities of using electrochemical technologies to modify properties and control water quality]. *Technology audit and production reserves*. 2014;3(1):31-3. doi: 10.15587/2312-8372.2014.25279 (in Ukrainian)
  - Petrusha YuYu, Rylsky OF, Gvozdyak PI. *Deiaki vazhlyvi fizyko-khimichni pokaznyky riadu mineral'nykh vod, yaki shyroko zastosovuiut'sia v pobuti* [Some of the important physical and chemical properties of a number of mineral waters widely used in everyday life]. *Innovative Biosystems and Bioengineering*. 2018;2:27-35. doi: 10.20535/ibb.2018.2.2.125261 (in Ukrainian)
  - D'omina NA, Morozov MV, Rozhkova OP. *Doslidzhennia oksyno-vidnovnoho potentsialu vody* [Research of redox potential of water]. V: *Materialy III Vseukrains'koi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku elektrotekhnichnykh system; 2021 Kvi 15-29; Melitopol'*. Melitopol'; 2021, p. 99-100. (in Ukrainian)
  - Bokhan YuV, Tereshchenko OV. *Okysno-vidnovnyi potentsial vody yak novyi hidrobiolohichni pokaznyk yakosti pytnoi vody* [Redox potential of water as a new hydrobiological indicator of drinking water quality]. V: *Materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii Zdorovy sposib zhyttia – zdorova liudyna – zdorove suspil'stvo; 2014 Kvi 10-11; Kirovohrad; 2014, p. 28-31*. (in Ukrainian)
  - Ukrainets', Bol'shak YuV, Marynin AI, Shpak VV, Shtepa DV. *Doslidzhennia zakonmirmostei nabuttia vodoiu, zbahachenoiu vodnem, vidnovnykh elektronodonornykh vlastyvostei* [Study of patterns of acquisition of reductive electron-donating properties by hydrogen-enriched water]. V: *Materialy III Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii Perspektyvy maibutn'oho ta realii s'ohodennia v tekhnolohiakh vodopidhotovky; 2019 Lys 14-15; Kyiv. Kyiv; 2019, p. 21-2*. (in Ukrainian)
  - Ukrainets A, Bolshak Yu, Marynin A, Svyatnenko R. *Okysno-vidnovnyi balans pytnoi vody - pokaznyk yii yakosti ta fiziolohichnoi povnotsinnosti* [Oxidation-receivable balance of drinking water - indicator of its quality and physiological compatibility]. *Kharchova promyslovist'*. 2018;24:6-14. doi: 10.24263/2225-2916-2018-24-3 (in Ukrainian)
  - Pokotylo OS, Golovach PI, Pokotylo SO. *Doslidzhennia zakonmirmostei utvorennia elektronodonornoii vody na osnovi zmin rN i OVP vod v termosakh-ionizatorakh-heneratorakh «Living water»* [Study of the regularities of formation of electron-donor water on the basis of changes in the pH and orp of water in thermos-ionizersgenerators «Living water»]. *Scientific Issue Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology*. 2019;4:24-9. doi: 10.25128/2078-2357.19.4.4 (in Ukrainian)
  - Shtepa YeP, Mykhailova KA. *Doslidzhennia zminy vlastyvostei pytnoi vody, sokiv ta napoiv pid vplyvom elektromahitnoi obrobky* [Study of changes in the properties of drinking water, juices and beverages under the influence of electromagnetic treatment]. *Vcheni zapysky Tavriis'koho natsional'noho universytetu imeni VI. Vernads'koho. Seria: Tekhnichni nauky*. 2019;30(5):114-21. doi: 10.32838/2663-5941/2019.5-2/21 (in Ukrainian)
  - Ukrainets A, Bolshak Yu, Marynin A. *Zastosuvannia bezreahentno modyfikovanoi vody dlia pidvyschennia efektyvnosti kharchovoho vyrobnytstva i polipshennia yakosti produktii* [Use of non-reagent modified water for increase of food industry efficiency and improvement of food products quality]. *Naukovi pratsi natsional'noho universytetu kharchovykh tekhnolohii*. 2017;23(5 Ч 1):186-99. doi: 10.24263/2225-2924-2017-23-5-1-24 (in Ukrainian)
  - Ryl's'kyi OF, Hvozdiak PI, Chausovs'kyi HO, Lashko NP, Kamienova OP, vynakhidnyky; *Zaporizh's'kyi natsional'nyi universytet, patentovlasnyk. Prystrii dlia znyzhennia oksyno-vidnovnoho potentsialu pytnoi vody v pol'ovykh umovakh* [ ]. *Patent Ukrainy № 131718*. 2019 Sich 25. (in Ukrainian)
  - Неведомська СО. *Вплив коралової води на живі організми* [Device for reducing redox potential of drinking water in field conditions]. *World Science*. 2016;3(2):6-10. (in Ukrainian)
  - Plante R, Alcolado PM, Martinez-Iglesias JC, Ibarzabal D. *Redox potential in water and sediments of the Gulf of Batabanó, Cuba. Estuarine Coastal and Shelf Science*. 1989;28(2):173-84. doi: 10.1016/0272-7714(89)90064-4
  - Goyko I, Simakhina G. *Perspektyvy vykorystannia dykorosloi syrovyny dlia oderzhannia bezalkohol'nykh napoiv antyoksydantnoi dii* [Perspectives of using wild plant raw materials to obtain soft drinks with antioxidant action]. *Naukovi pratsi natsional'noho universytetu kharchovykh tekhnolohii*. 2014;20(6):220-6. (in Ukrainian)
  - Onosova IA, Rachyns'ka ZP. *Vykorystannia antyoksydantnykh vlastyvostei roslynnoi syrovyny yak zaporuka bezpechnosti likero-horilchanykh vyrobiv* [ ]. V: *Materialy I mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii Aktual'ni problemy teorii i*

- praktyky ekspertyzy tovariv; 2014 Ber 18-20; Poltava. Poltava; 2014, p. 124-6. (in Ukrainian)
22. Onosova IA, Rachyns'ka ZP. Vykorystannia antyoksydantnykh vlastyvostei roslynnoi syrovyny yak zaporuka bezpechnosti likero-horilchanykh vyrobiv [Redox potential as one of the indicators for assessing the antioxidant capacity of food products]. V: Materialy I mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii Aktual'ni problemy teorii i praktyky ekspertyzy tovariv; 2014 Ber 18-20; Poltava. Poltava; 2016, p. 20-1. (in Ukrainian)
  23. Ryl's'kyi OF, Hvozdiak PI, Petrusha YuU. OVP – Vazhlyvyi faktor realizatsii likuval'noho efektu vodnykh vyluchen' z likars'koi roslynnoi syrovyny [OVP is an important factor in the realization of the therapeutic effect of aqueous extractions from medicinal plant raw materials]. V: Materialy V Mizhnarodnoi naukovi konferentsii Likars'ki roslyny: tradytsii ta perspektyvy doslidzhen'; 2021 Kvi 02; Berezotocha. Lubny: Inter park; 2021, p. 300-2. (in Ukrainian)
  24. Hvozdiak P, Ryl's'kyi O, Remez S, Nevyinna L. Biolohichne znyzhennia okysno-vidnovnoho potentsialu vodnykh vidvariv likars'kykh roslin [ ]. V: Materialy III Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii Perspektivy maibut'oho ta realii s'ohodennia v tekhnolohiiakh vodopidhotovky; 2019 Lys 14-15; Kyiv. Kyiv; 2019, p. 43-4. (in Ukrainian)
  25. Li X, Blancheton JP, Liu Y, Triplett S, Michaud L. Effect of oxidation-reduction potential on performance of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) in recirculating aquaculture systems. *Aquaculture International*. 2014;22(4):1263-82. doi: 10.1007/s10499-013-9745-3
  26. Gillespie LJ. Reduction potentials of bacterial cultures and of water logged soils. *Soil Science*. 1920;9(4):199-216.
  27. Reiss P. L'action du potentiel d'oxydation-réduction du milieu sur l'autolyse protéique du cristallin et du corps vité. *Archives de Physique Biologique*. 1940;15(4):39-40.
  28. Reiss P. Action du potentiel d'oxydation-réduction du milieu sur l'activité de différentes protéinases: Hydrolyse et condensation. *Archives de Physique Biologique*. 1942;16(Suppl):134.
  29. Akcay M. The oxidation-reduction potential and redox capacity of blood and plasma (in vitro) in different conditions. *Acta Medica Turcica*. 1956;8:3.
  30. Legresti L. Contribución experimental al potencial redox. Tuberculosis, estreptomycin y potencial redox. *Acta Argentina de Fisiología y Fisiopatología*. 1953;3:17-29.
  31. Cater DB, Phillips AF, Silver IA. The measurement of oxidation-reduction potentials, pH, and oxygen tension in tumours. *Proceedings of the Royal of London. Society B, Biological Sciences*. 1957;146(924):382-99. doi: 10.1098/rspb.1957.0019
  32. Serejski M, Snejerson S. Die Bedeutung des sogenannten redoxpotentials für die pathologie (speziell für die Schizophrenie). *Zeitschrift für die Gesamte Experimentelle Medizin*. 1937;100:621-30.
  33. Rael LT, Bar-Or R, Mains CW, Slone DS, Levy AS, Bar-Or D. Plasma Oxidation-Reduction Potential and Protein Oxidation in Traumatic Brain Injury. *J Neurotrauma*. 2009;26(8):1203-11. doi: 10.1089/neu.2008.0816
  34. White NJ, Collinson MM, Boe RA, Ward KR. Redox Monitoring Reveals Increased Susceptibility of Whole Blood to Oxidative Stress During Hemorrhagic Shock. *Circulation*. 2008;118:1488.
  35. Margină D, Grădinaru D, Mitrea N. Development of a potentiometric method for the evaluation of redox status in human serum. *Revue Roumaine de Chimie*. 2009;54(1):45-8.
  36. Kolls JK. Oxidative stress in sepsis: a redox redux. *The Journal of Clinical Investigation*. 2006;116(4):860-3. doi: 10.1172/jci28111
  37. Lypovets'ka OB. Vplyv dovhotryvalooho spozhyvannia nekondytsiinoi za mineral'nym skladom pytnoi vody na formuvannia neinfektsiinoi zakhvoriuvannosti naselennia ta rozrobka profilaktychnykh zakhodiv [dysertatsiia] [The effect of long-term consumption of substandard drinking water in terms of mineral composition on the formation of non-infectious morbidity in the population and the development of preventive measures [dissertation]. Kyiv; 2016. 177 p. (in Ukrainian)
  38. Bar-Or R, Rael LT, Curtis CG, Mains CW, Slone DS, Dar-Or D. Raman spectral signatures of human liver perfusates correlate with oxidation reduction potential. *Mol Med Rep*. 2009;2(2):175-80. doi: 10.3892/mmr\_00000080
  39. Matsiyevska O. Influence of redox potential of different water quality on the human blood. *Technology audit and production reserves*. 2017;1-3:34-8. doi: 10.15587/2312-8372.2017.93633 (in Ukrainian)
  40. Ootomo Y, inventor; Current Assignee Endo Process YK, assignee. Health care instrument containing oxidation-reduction potential measuring function. United States patent 6269261B1 US. 2001 Jul 31.
  41. Lee KJ, Park S, Kim JW, Kim GY, Ryang YS, Kim CH, et al. Anticancer effect of alkaline reduced water. *Journal of International Society of Life Information Science*. 2004;22(2):302-5. doi: 10.18936/islis.22.2\_302
  42. Shirahata S, Murakami E, Kusumoto K, Yamashita M, Oda M, Temya K, et al. Telomere shortening in cancer cells by electrolyzed-reduced water. *Animal Cell Technology: Challenges for the 21st Century*. 2002;208:355-9. doi: 10.1007/0-306-46869-7\_62
  43. Luh J, Bartram J. Drinking water and sanitation: progress in 73 countries in relation to socioeconomic indicators. *Bull World Health Organ*. 2016;94(2):111-121A. doi: 10.2471/blt.15.162974
  44. Prokopov VO, Lypovets'ka OB. Otsinka yakosti pytnoi vody z pidzemnykh vododzherel Ukrainy z pohliadu vplyvu na stan zdorov'ia naselennia [Assessment of the quality of drinking water from underground water sources in Ukraine from the point of view of the impact on the health of the population]. *Naukovi visnyk Natsional'noho medychnoho universytetu imeni OO Bohomol'tsia*. 2012;4:122-6. (in Ukrainian)
  45. Chala IV, Petruk RO. Redoks-potentsial krovi za anemii porosiad [Redox potential of blood for anemia in piglets]. V: Materialy V vseukrains'koi naukovo-praktychnoi Internet-konferentsii Suchasni aspekty likuvannia i profilaktyky khvorob tvaryn; 2021 Zhov 20-21; Poltava. Poltava; 2021, p. 46-8. (in Ukrainian)
  46. Rohovyi YuYe, Kolesnik OV, Bocharov AV. Vplyv vody vid'iemnoho okysno-vidnovnoho potentsialu na funktsiiu nyrok v olihurychnii stadii sulemovoii nefropatii [The influence of water negative redox potential on renal function in oliguria stage sublimite nephropathy]. *Bulletin of Scientific Research*. 2017;1:129-33. doi: 10.11603/2415-8798.2017.1.7538 (in Ukrainian)
  47. Rohovyi YY, Kolesnik OV. Influence of negative redox potential on functional and biochemical processes of the kidneys at the polyuric stage of sublimite nephropathy. *Journal of Education, Health and Sport*. 2020;10(1):188-200. doi: 10.12775/JEHS.2020.10.01.021
  48. Rohovyi YuYe, Tsitrin VY. Vplyv vody vid'iemnoho okysno-vidnovnoho potentsialu z nasychenniam vodnem na funktsiiu nyrok u schuriv [Influence of water of negative oxidation-reduction potential with hydrogen saturation on kidney function in rats]. *Bukovinian Medical Herald*. 2022;26(1):23-8. doi: 10.24061/2413-0737.XXVI.1.101.2022.3 (in Ukrainian)
  49. Peresichnyi M, Fedorova D. Electroactivated water in human nutrition [The electroactivated water in human nutrition]. *Goods and Markets*. 2013;1(15):70-86. (in Ukrainian)
  50. Arafa M, ElBardisi H, Majzoub A, AlSaid S, Jaber AR, Khalafalla K, et al. MP07-17 role of oxidation reduction potential in varicocele associated male infertility. *The Journal of Urology*. 2017;197(4S):e88. doi: 10.1016/j.juro.2017.02.283
  51. Agarwal A, Wang SM. Clinical relevance of oxidation-reduction potential in the evaluation of male infertility. *Urology*. 2017;104:84-9. doi: 10.1016/j.urology.2017.02.016

52. Prokopov VO, Lipovetska OB, Antomonov MYu. Vplyv mineral'noho skladu pytnoi vody na khvoroby systemy krovoobihu [Impact of drinking water mineral composition on the circulation system diseases]. *Environment & Health*. 2016;4:54-8. (in Ukrainian)
53. Datsko OR, Bubhyak AB, Polyuzhyn IP. Okysno-vidnovnyi potentsial mineral'nykh vod Truskavets'koho ta Skhidnyts'koho rodovysch [Polyuzhyn oxidation-reduction potential of mineral waters from Truskavets and Skhidnytsya deposits]. *Medychna hidrolohiia ta reabilitatsiia*. 2011;9(4):72-9. (in Ukrainian)
54. Berezovskyy VYa, Datsko OR, Zukow W. Correlations between chemical macro composition and redox potential for mineral waters from Truskavets deposit. *Journal of Education, Health and Sport*. 2015;5(1):139-50. doi: 10.5281/zenodo.14551

#### Відомості про авторів:

Рильський О. Ф. – д.б.н., професор, завідувач кафедри загальної та прикладної екології і зоології, Запорізький національний університет, м. Запоріжжя, Україна.

E-mail: Rylsky@ukr.net

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-9631-1828>

Петруша Ю. Ю. – к.б.н., доцент кафедри хімії, Запорізький національний університет, м. Запоріжжя, Україна.

E-mail: Yulia.ZNU@ukr.net

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-3041-2877>

Гвоздяк П. І. – д.б.н., професор, головний науковий співробітник, Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А. В. Думанського НАН України, Київ, Україна.

E-mail: gvozdyak@ukr.net

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0861-1028>

Домбровський К. О. – к.б.н., доцент, доцент кафедри загальної та прикладної екології і зоології, Запорізький національний університет, м. Запоріжжя, Україна.

E-mail: dombrov1717@ukr.net

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6965-6989>

Рильська Я. С. – студентка IV курсу, Запорізький національний університет, м. Запоріжжя, Україна.

E-mail: janet2001357@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0549-1422>

Масікевич А. Ю. – д.т.н., доцент, доцент кафедри гігієни та екології, Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна.

E-mail: masikevych.a@bsmu.edu.ua

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-2862-9671>

#### Information about authors:

Rylsky O. F. – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of General Ecology and Zoology, Zaporizhzhia National University, Zaporizhzhia, Ukraine.

E-mail: Rylsky@ukr.net

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-9631-1828>

Petrusha Yu. Yu. – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Chemistry Department, Zaporizhzhia National University, Zaporizhzhia, Ukraine.

E-mail: Yulia.ZNU@ukr.net

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-3041-2877>

Gvozdyak P. I. – Doctor of Biological Sciences, Professor, Senior Research Worker, Institute of Colloid and Water Chemistry of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

E-mail: gvozdyak@ukr.net

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0861-1028>

Dombrovskiy K. O. – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of General Ecology and Zoology, Zaporizhzhia National University, Zaporizhzhia, Ukraine.

E-mail: dombrov1717@ukr.net

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6965-6989>

Rylska Y. S. – 4th year student, Zaporizhzhia National University, Zaporizhzhia, Ukraine.

E-mail: janet2001357@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0549-1422>

Masikevych A. Yu. – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Hygiene and Ecology, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

E-mail: masikevych.a@bsmu.edu.ua

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-2862-9671>

Стаття надійшла до редакції 30.06.2022 р.

© О. Ф. Рильський, Ю. Ю. Петруша, П. І. Гвоздяк, Я. С. Рильська, К. О. Домбровський, А. Ю. Масікевич

