

4. *Калинин Э.Ю.* Методологический анализ статуса нелинейности в естествознании / Самоорганизация и наука: опыт философского осмысления. — М., 1994. — С. 148–161.
5. *Назаретян А.П.* Синергетика в гуманитарном знании: предварительные итоги // Общественные науки и современность. — 1997. — № 2. — С. 93.
6. *Кучма Д.Я.* Методологічні основи концепції національної безпеки України // Наука і оборона. — 1995. — № 1. — С. 39–51.
7. *Микитенко В. В.* Енергоефективність промислового виробництва. — ОІЕ НАНУ. — Київ, 2004. — 382 с.

В. Микитенко

НА ЧОМУ БАЗУЄТЬСЯ ЕНЕРГЕТИЧНА БЕЗПЕКА ДЕРЖАВИ

Резюме

Здійснено аналіз природи енергетичної безпеки сучасної держави як системи заходів високого рівня

складності на засадах синергетичної методології. Запропоновано систематизацію й оновлення понятійно-категоріального апарату теорії та практики забезпечення енергетичної безпеки держави, досліджено механізми та напрями її реалізації в Україні.

V. Mykytenko

WHAT IS THE BASIS OF THE STATE ENERGY SAFETY

Summary

The article presents analysis of the modern state energy safety nature as a system of high level complexity action items based on synergetic methodology. The authors suggest systematization and modernization of conceptual and categorial apparatus of theory and practice of state energy safety provision, they investigate the mechanisms and approaches of its practical implementation in Ukraine.

В. ГОНЧАРУК, В. АРХИПЧУК, Г. ТЕРЛЕЦЬКА, Г. КОРЧАК

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ФАСОВАНИХ ВОД

Останнім часом споживання природних вод, розфасованих у різні ємності, швидко зростає, зокрема і в Україні, однак їхня якість не завжди відповідає екологічним стандартам. Це може бути пов'язано зі змінами їхнього хімічного складу, радіаційним і мікробіологічним забрудненням, а також з тривалістю й умовами зберігання, особливостями технологій водопідготовки.

На основі багаторічних досліджень автори статті розробили комплексний підхід до аналізу питних вод методами аналітичної хімії, мікробіології, радіології та біотестування, що дає змогу виявити ступінь ризику водного зразка для здоров'я людини. При цьому також визначається фізіологічна повноцінність питної води. За сучасними критеріями, вона вважається якісною, якщо не містить токсичних речовин і до її складу входить оптимальний набір елементів для підтримання функціональної активності людського організму.

© *ГОНЧАРУК Владислав Володимирович. Академік НАН України. Директор Інституту колоїдної хімії та хімії води НАН України.*

АРХИПЧУК Віктор Володимирович. Завідувач лабораторії біомаркерів і біотестування. Провідний науковий співробітник того ж інституту.

ТЕРЛЕЦЬКА Ганна Валентинівна. Старший науковий співробітник названого інституту.

КОРЧАК Галина Іванівна. Завідувач лабораторії санітарної мікробіології Інституту гігієни і медичної екології ім. О.М. Марзєєва АМН України (Київ). 2005.

Комплексний аналіз з використанням різних методів біотестування, який вказує на відсутність у воді якихось токсичних речовин, що небезпечні для живого організму та його клітин, слугує переконливим аргументом на користь нешкідливості за хімічним складом тієї чи іншої марки фасованої води, її мінімального ризику для здоров'я людини [1].

У чому ж сутність комплексного підходу до біотестування, розробленого в Інституті колоїдної хімії і хімії води НАН України? Справа в тому, що різні види токсичності вивчаються як на організмовому, так і на клітинному рівнях, причому на кожному з них використовуються підходи, які дають змогу отримувати об'єктивну оцінку щодо токсичного впливу. Зокрема, стосовно організму аналізуються реакції (гостра і хронічна токсичність) представників різних систематичних груп і трофічних рівнів; стосовно клітин – структурні та функціональні зміни (гено- і цитотоксичність) їх спадкового апарату [2, 3].

Метою наших досліджень було проведення комплексного аналізу найпоширеніших марок питних фасованих вод (негазованих, із загальною мінералізацією менше 1 г/дм^3) методами біотестування як на організмовому, так і на клітинному рівнях, і порівняння отриманих результатів з даними стандартних хімічного і мікробіологічного аналізів.

Оцінка якості 30-ти марок фасованих вод. У кількох серіях експериментів, здійснених протягом жовтня 2003-го – травня 2004 року, ми проаналізували такі води: «Моршинська», «Аква Сантал» (Моршинський завод мінеральних вод «Оскар»), «Оболонська-3» (Красилівське – Оболонь), «Старий Миргород» (Миргородський завод мінеральних вод), «Бон Аква», «Юрське джерело», (Кока-Кола Бевериджиз Україна Лімітед), «Ордана» (Ордана), «Добра вода» (Добра вода), «San

Benedetto» (Aqua Minerale San Benedetto), «Vittel» (Пер'є Віттель Франс), «Evian» (Danone), «Бевівіта» (ХіПП – Ужгород ГмбХ), «Вінні» (АКВА ПАК), «HiPP» (ХіПП ГмбХ і Ко. Експорт КГ), «Bon Boisson» (Малбі), «Трускавецька заповідна» (Анна-Г), «Джерела Боржомі» (Georgian Glass & Mineral Water Co. N.V.), «Ремедія» (Ріо-Кола), «Трускавецька нова» (АКВА-ЕКО), «Малятко» (АКВА-ЕКО), «Кроха» (Юнеф-Енергія), «Цілюща» (Техноводсервіс), «Софія Київська» (Росинка), «Еталон» (Субос-Україна), «Остреч» (Ясен), «Еко-Вінні» (ВінніФрут), «Йодіс» (Якр-Київ), «Небесна криниця» (Вітько Н.Ю.), «Апе-Голд» (Ткач А.В.), «Еден» (Тивей Україна). Води, що були придбані в торговельній мережі, мали відповідні сертифікати якості, на період дослідження рекомендовані терміни їх зберігання порушені не були.

У цій статті наведено лише основні результати щодо хімічного складу, токсичності й генотоксичності фасованих вод із усього, досить великого обсягу експериментальних даних.

Хімічний склад фасованих вод. В Україні, на відміну, наприклад, від Росії, де діють санітарно-епідеміологічні правила і нормативи «Питна вода. Гігієнічні вимоги до якості води, розфасованої в ємності. Контроль якості. СанПіН 2.1.4.1116-02», ще й досі не затверджено спеціальні нормативи і вимоги до питних фасованих вод. Тому для оцінки їхньої якості ми використовували стандарти фасованої води СанПіНу 2.1.4.1116-02. Усього в досліджених зразках були визначені 2 органолептичні і 4 узагальнені показники, один органічний і 33 неорганічні компоненти. Всі води за вмістом основних катіонів й аніонів (мінералізація, мг/дм^3) віднесено до трьох категорій (див. таблицю 1):

♦ вища (мінералізація у межах $100 - 500 \text{ мг/дм}^3$); до цієї категорії зараховано 17

Таблиця 1. Оцінка якості фасованої питної води (30 марок) за нормативами СанПіНу 2.1.4.1116-02, Росія

Марка фасованої води	Мінералізація (мг/л)/ жорсткість (мг-екв/л)	Відхилення від нормативу якості (НЯ)*		Оцінка якості води за хімічним складом (ранг)	Оцінка якості води за біотестуванням (ранг)
		нижче НЯ	вище НЯ		
<i>Вища категорія (у т.ч. вода для дитячого харчування, д/в)</i>					
«НіРР» (д/в)	500/6,0	0,25 К	—	1	27
«Малютко» (д/в)	162 /2,0	0,25 К, 0,06 F	—	2	11
«Evian»	504 / 6,2	0,5 К, 0,2 F	—	3	5
«Моршинська»	143 / 1,25	0,25 К, 0,5 Са, 0,16 F	Запах	4	3
«Ордана»	486 / 5,1	—	1,5 Na	5	6
«Ремедія» (д/в)	173 / 1,8	0,5 К, <0,1F	1,4 NO ₃	6	16
«San Benedetto»	435 / 5,1	0,5 К, 0,16 F	1,5 NO ₃	7	4
«Бєбєвіта»	95 / 1,1	0,5 К, 0,5 Са, 0,7 Mg	1,0 NO ₃	8	2
«Аква Сантал»	170/1,2	0,3 К, 0,6 Са, 0,5 Mg, <0,1 F	Запах, 1,0 NO ₃	9	15
«Оболонська—3»	328 / 3,1	0,1 F	10NH ₄ , 20NO ₂	10	20
«Остреч»	236 / 0,3	0,7 К, 0,1 Са, 0,25 Mg, 0,2 F	2,5 Na	11	10
«Старий Миргород»	490 / 0,3	0,1 Са, 0,3 Mg	Присмак, 8Na, 5 NO ₂ , 1,5 В	12	8
«Джерела Боржомі»	267 / 2,4	0,75 К, 0,3 F	Запах, 1,3 Si	13	9
«Вінні» (д/в)	210 / 2,2	—	15Ag	14	23
«Еталон»	206 / <0,1	<0,1 Са, <0,1 Mg, 0,7 F	1,3 Si, 10Ag, 2,5 Na	15	24
«Трускавецька заповідна»	513/4,5	<0,1 F	10 NH ₄ , 3 Mn, 1,5 Ag	16	28
<i>Перша категорія</i>					
«Софія Київська»	560/5,2	—	—	17	19
«Еден»	638/6,1	—	Запах	18	13
«Vittel»	531 / 6,5	0,3 F	2,5 Li	19	17
«Бон Аква»	712/1,8	0,3 Са	1,0 Na, консервант невизначеної природи	20	12
«Юрське джерело»	785/0,5	0,15 Са	1,2 Na, консервант невизначеної природи	21	14
«Добра вода»	678/ 8,0	pH=6,3	1,1 жорсткість, 1,1 лужність	22	26
«Трускавецька нова»	668/8,2	0,4 F	Запах, 1,2 лужність, 1,2 жорсткість	23	22
«Цілюща»	660/ 3,4	—	4 NO ₂	24	1
«Йодіс»	572 / 5,8	—	1,5 Si, 5 I	25	7
<i>Фасована вода, що не відповідає гігієнічним вимогам</i>					
«Воп Boisson»	< 20	К, Са, Mg, F	7,5 хлороформ	26	21
«Небесна криниця»	< 20/ < 0,1	К, Са, Mg, F, pH=6,4	—	27	29
«Апе-Голд»	< 20/ < 0,1	К, Са, Mg, F	2,5 хлороформ, 3 ССl ₄	28	30
«Еко-Вінні»	525 / 6,4	—	15 С _{орг.} , 1,5 Si	29	18
«Кроха» (д/в)	1180 / 1,5	0,35 Са, <0,1 Mg	2 мінералізація, 1,1 лужність, 15 Na, 3 Cl, 8 NO ₃	30	25

* – Для кожного показника якості води наведено по три нормативи: для фасованої води вищої і першої категорій, а також ДК – для питної водопровідної води: а) показники фізіологічної повноцінності мінерального складу, мг/дм³, не більше: мінералізація – 200–500/ 1000/ 1000; Са – 25–80 / 130 / відсутній; Mg – 5–50 / 65 / відсутній; К – 2–20 / 20 / відсутній; F – 0,5–1,5/ 0,5–1,5/ 0,5–1,5; I – 0,004–0,06/ 0,125/ відсутній; б) токсикологічні показники, мг/дм³, не більше: NO₃ – 5 / 20 / 45; NO₂ – 0,005 / 0,5 / 3,5; NH₄ – 0,05 / 0,1 / 2,0; Na – 20 / 200 / 200; Ag – 0,025 / 0,025 / 0,05; Mn – 0,05 / 0,05 / 0,1; Li – 0,03; Si – 10; хлороформ – 0,001 / 0,06 / 0,06.

марок вод, включаючи 5 марок питної води для дитячого харчування, які, згідно з вимогами СанПіНу, належать до вищої категорії;

- ♣ перша категорія (мінералізація не більше 1000 мг/дм³) об'єднує 9 марок фасованої води;
- ♣ окремо згруповані води із порушеннями гігієнічних вимог до питної води (за СанПіНом): це три марки води із мінералізацією менше 20 мг/дм³; вода для дитячого харчування із мінералізацією більше 1 г/дм³ і вмістом солей натрію та хлориду, а також нітритів у концентраціях, що значно перевищують нормативи якості (НЯ) фасованої води; вода, яка містить консервант чи смакову добавку органічного походження (показник «С_{орг}» для цієї води дорівнює 72 мг/дм³ при нормативі менше 5 мг/дм³).

Для кожної з наведених категорій ранг води, відповідно до хімічного складу, залежить від кількості показників, значення яких нижчі або вищі за гігієнічний норматив, припустимий для фасованої води певної категорії (таблиця 1). У більшості марок води вищої категорії спостерігаються відхилення від гігієнічних нормативів, що визначають фізіологічну повноцінність їх мінерального складу. У цих водах концентрація солей калію, кальцію, магнію і фториду в 0,1 — 0,5 раза була нижчою від мінімально припустимого рівня. Перевищення нормативів зафіксовано і для низки показників: запах, літій (2,5 НЯ), аміак (5 НЯ), натрій (2,5–8 НЯ), нітрат (1,5 НЯ), нітрит, марганець (3 НЯ) і силіцій (1,3 НЯ). У двох марках вод («Еталон» і «Трускавецька заповідна») як консервант використовувалося срібло, причому в концентраціях, що перевищують нормативи для фасованої води вищої категорії. Вода «Вінні» також містить срібло, яке взагалі не можна вводити у воду для приготування дитячого харчування. Питна вода для дітей

характеризується і зниженим вмістом окремих компонентів, що визначають її фізіологічну повноцінність, а саме: солей калію, кальцію, магнію та фтору.

Дев'ять марок фасованої води мінералізовані на рівні 580 – 785 мг/дм³ і внаслідок цього їх віднесено до першої категорії. У деяких із них спостерігається перевищення гігієнічних нормативів за такими показниками, як запах, солі натрію (1–1,2 НЯ), вміст нітритів (наприклад, 4 НЯ у води «Цілюща»), лужність (1,2 НЯ), жорсткість (1,2 НЯ). Води «Бон Аква» і «Юрське джерело» характеризуються зниженим вмістом кальцію і магнію за високої концентрації натрію (200 мг/дм³). До того ж, у цих марок методами хемілюмінесценції та колориметрії виявлено консерванти, найімовірніше, стійкі в часі хлор- чи бромаміни.

Слід зазначити, що для фасованої води встановлені жорсткіші нормативи показників їх властивостей і хімічного складу порівняно з питною водопровідною водою. Тому, незважаючи на виявлені відхилення від нормативів якості з низки показників, досліджені марки фасованої води вищої та першої категорій відповідають чинному в Україні стандарту на питну водопровідну воду.

П'ять марок води виділені в окрему категорію, оскільки у них зафіксовані порушення нормативів для питної, зокрема водопровідної, води. Наприклад, зразок дитячої води «Кроха» не відповідав вимогам до питної води за показниками мінералізації (2 НЯ), лужності (1,1 НЯ), концентрації бікарбонатів (1,2 НЯ), натрію (15 НЯ), хлоридів (3 НЯ) і нітритів (8 НЯ). Води «Bon Boisson», «Апе-Голд» і «Небесна криниця» практично не містять мінеральних солей, проте рівень хлороформу у перших двох марках становить від 2,5 до 7,5 НЯ для фасованих вод за вимогами СанПіНу. У воді «Еко-Вінні» знайдено сторонні органічні речовини, виявлені за показни-

ком «загальний органічний вуглець», значення якого перевищує у 15 разів НЯ для питної води.

Більшість досліджених вод містить мікрокількості металів — таких, як Cu, Cr, Mn, Cd. Виявлені концентрації солей Cu, Cr, Mn були в 100–500 разів, а солей Cd — у 2–3 рази нижчими від граничнодопустимих (ГДК) для питної води. Тільки у воді марки «Трускавецька заповідна» концентрація марганцю перевищувала ГДК утричі.

Загалом параметри водного середовища (мінералізація, рН, температура і рівень розчиненого кисню), які обов'язково контролюються під час біотестування, свідчили, що умов, необхідних для проведення цієї процедури, було дотримано.

Біотестування вод на організмовому рівні. Гостра і хронічна токсичності водних зразків визначалися на безхребетних тваринах: церіодафнії *Ceriodaphnia affinis*, згідно з КНД 211.1.4.055-97 [4] і КНД 211.1.4.056-97 [5], і гідри *Hydra attenuata* — за методикою, викладеною у [6]; на хребетних тваринах — риби (групі *Poecilia reticulata*) відповідно до рекомендацій КНД 211.1.4.057-97 [7]; на рослинах — цибулі *Allium cepa* за методикою, описаною у [8].

Використання кількох біотестів уможливило одержання об'єктивної оцінки впливу досліджуваного зразка на тваринні і рослинні організми. Для її кількісної інтерпретації розроблено індекс загальної токсичності ($I_{\text{зт}}$), що є сумою ефектів усіх біотестів, включених до дослідницької батареї [9]. Кількість видів, долучених до експерименту, автоматично визначає найбільше значення $I_{\text{зт}}$. У нашому дослідженні з одним рослинним і трьома тваринними біотестами максимальна величина індексу не може перевищувати 400 одиниць. Результати біотестування вод 30-ти марок, що відбиті за допомогою індексу загальної токсичності, наведено в таблиці 2.

Ми запропонували таку класифікацію якості питних фасованих вод за ступенем їхньої токсичності, що визначений за результатами комплексного біотестування. На відміну від класифікації питних вод, яка включає чотири категорії [10], для фасованих вод пропонуються три категорії згідно з результатами біотестування. Такий поділ добре узгоджується із класифікацією фасованих вод за даними хімічного аналізу, де виокремлюються вища і перша категорії, а також вод, які не відповідають нормативу якості.

Якщо величина $I_{\text{зт}}$ не перевищує 50 одиниць, тобто жоден із тест-організмів не виявляє гострої або хронічної (з максимальним ефектом) токсичності, то таку фасовану воду можна віднести до категорії *безпечних*. Три води — «Цілюща», «Бєбівіта» і «Моршинська» — відповідають вказаним вимогам.

Якщо показник індексу загальної токсичності варіюється від 50 до 150 одиниць, тобто мінімум один–два біотести з чотирьох, включених до батареї, виявляють гостру і/або хронічну токсичність, то досліджувану воду відносять до категорії *небезпечних*. Цьому критерію відповідають води: «San Benedetto», «Evian», «Ордана», «Йодіс», «Старий Миргород», «Джерела Боржомі», «Остреч», «Малютко», «Бон Аква», «Еден», «Юрське джерело», «Аква Сантал», «Ремедія», «Vittel», «Еко-Вінні», «Софія Київська», «Оболонська-3», «Bon Boisson», «Трускавецька нова», «Вінні» й «Еталон». Отже, група небезпечних вод виявилася найчисленнішою (21 марка, або 70% від загальної кількості досліджених вод).

Якщо ж показник індексу загальної токсичності перевищує 150 одиниць, тобто біотестування виявило гостру і хронічну токсичність із максимальними ефектами принаймні в двох біотестах, то такі фасовані води відносять до категорії *особливо небез-*

Таблиця 2. Комплексна оцінка 30-ти марок фасованих негазованих вод за індексом загальної токсичності ($I_{\text{зт}}$)

№ п/п	Марка фасованої води	Біотести				S $I_{\text{зт}}$	Категорія води
		церидафнія	гідра	риба	цибуля		
1	«Цілюща»	10,0	10,1	0	0	20,1	Безпечні
2	«Бєбівіта»	13,4	19,9	0	9,8	43,1	
3	«Моршинська»	7,3	35,0	0	7,5	49,8	
4	«San Benedetto»	2,2	50,0	0	1,3	53,5	Небезпечні
5	«Evian»	6,1	50,0	0	0	56,1	
6	«Ордана»	1,9	40,0	0	15,1	57,0	
7	«Йодіс»	2,5	50,0	10,0	0	62,5	
8	«Старий Миргород»	9,2	50,0	0	3,6	62,8	
9	«Джерела Боржомі»	27,8	14,3	10,0	16,0	68,1	
10	«Остреч»	9,3	50,0	10,0	0	69,3	
11	«Малютко»	20,0	50,0	0	0	70,0	
12	«Бон Аква»	11,0	50,0	5	10,7	76,7	
13	«Еден»	11,8	50,0	10,0	7,2	79,0	
14	«Юрське джерело»	21,9	50,0	10	2,1	84,0	
15	«Аква Сантал»	13,5	50,0	20,0	1,2	84,7	
16	«Ремедія»	37,5	37,2	10,0	0	84,7	
17	«Vittel»	1,9	50,0	20	16,0	87,9	
18	«Еко-Вінні»	27,5	50,0	0	13,3	90,8	
19	«Софія Київська»	50,0	50,0	0	0	100,0	
20	«Оболонська-3»	40,4	42,5	20	2,4	105,3	
21	«Вон Voisson»	16,3	50,0	5,0	35,7	107,0	
22	«Трускавецька нова»	40,0	50,0	20,0	5,0	115,0	
23	«Вінні»	100	19,6	10	10,0	139,6	
24	«Еталон»	40,0	100,0	0	0,5	140,5	
25	«Кроха»	50,0	100,0	0	0	150,0	Особливо небезпечні
26	«Добра вода»	16,8	40,0	100	22,8	179,6	
27	«НіРР»	60,0	50,0	30,0	40,6	180,6	
28	«Трускавецька заповідна»	100,0	82,6	65,0	4,8	252,4	
29	«Небесна криниця»	100,0	100,0	70,0	2,3	272,3	
30	«Апе-Голд»	100,0	100,0	80,0	19,0	299,0	

печних, оскільки вони становлять серйозний ризик для здоров'я людини. У нашому дослідженні 6 вод (20%) мали відповідні токсичні властивості: «Кроха», «Добра вода», «НіРР», «Трускавецька заповідна», «Небесна криниця» та «Апе-Голд».

Біотестування вод на клітинному рівні.

Найнебезпечніші для споживання ті води, які поєднують чітко виражені токсичні і генотоксичні властивості. Дослідження генотоксичності питної води, зумовлене розчиненими у ній ксенобіотиками, вкрай важ-

ливе для об'єктивної оцінки її впливу на здоров'я нинішнього та майбутніх поколінь.

Показник хромосомних аберацій – частота мікроядер, як і інший параметр – частота клітин із подвійними ядрами, що відбиває аномалії формування клітинних перегородок у процесі мітотичного поділу, використано як маркери структурних порушень. Для аналізу генотоксичних ефектів досліджували клітини рослин і тварин.

Для 18-ти вод генотоксичність вивчали на клітинах рослин – цибулі, а також на кількох типах клітин срібного карася: плавець, зябри і кров (еритроцити). Такий вибір тваринних клітин зумовлювався певними чинниками: клітини плавця безпосередньо взаємодіють із речовинами з водного середовища; у зябрах поєднують ефекти від контакту клітин із розчиненими ксенобіотиками та продуктами їхньої біотрансформації; еритроцити крові зазнають опосередкованого впливу речовин навколишнього середовища після їх перетворень в організмі риб. Можлива генотоксичність ще 12-ти вод проаналізована на клітинах цибулі і плавця риб. Додаткова оцінка цих вод виконана після їх тримісячного зберігання в рекомендованих умовах. Результати такого дослідження наведені в таблиці 3.

Загалом 22 з 30-ти вивчених вод (або 73%) виявили генотоксичні ефекти для одного з типів рослинних і тваринних клітин. Негенотоксичні води належали до категорії безпечних за токсикологічними показниками. Генотоксичність різних вод збільшувалася із зростанням індексу загальної токсичності, а також у процесі зберігання.

Серед 18 вод, досліджених на різних типах клітин, дві проби – «НіРР» і «Апел-Голд» – зумовили статистично достовірне збільшення ядерних порушень щодо природного рівня як у рослин, так і в тварин. Ще три проби («Трускавецька нова», «Йодіс» і «Небесна криниця») були геноток-

сичними для всіх типів тваринних клітин. Більшість вод негативно впливала на хромосомний апарат еритроцитів риб: 28% – тільки на кров і 72% – зокрема і на кров. Решта вод спричинювала генотоксичні ефекти, здебільшого у клітинах плавця («Вон Воїсон»), плавця й еритроцитів («Еко-Вінні»), плавця і зябер («Трускавецька заповідна» і «Джерела Боржомі»), а також зябер й еритроцитів («Ремедія» і «Малятко»). Тільки дві проби («Цілюща» та «Аква Сантал») виявилися негенотоксичними для всіх досліджених типів клітин.

Усі 12 вод, що використовувалися у довготривалих експериментах, були негенотоксичними для рослинних клітин у листопаді 2003 року. У риб відсоток клітин з ядерними аномаліями зріс у кількох випадках, але тільки для однієї води («Добра вода») різниця з контрольними показниками була статистично достовірною. У процесі тримісячного зберігання кількість вод з генотоксичними властивостями збільшилась. У лютому 2004 р. уже три води (або 25%) – «Юрське джерело», «Добра вода» і «Vittel» – вірогідно збільшували частку клітин з ядерними аномаліями в рослинах і чотири води (33%) – «Оболонська-3», «Добра вода», «San Benedetto» та «Вінні» – виявляли генотоксичні ефекти у тварин.

Оцінка якості артезіанських вод. Артезіанські води найчастіше вказуються виробниками фасованих вод як вихідні. Тому ми провели комплексну оцінку якості підземних вод юрського і сеноманського горизонтів на прикладі зразків, які відібрали з дев'яти бюветів міста Києва. Результати дослідження наведено в таблиці 4.

Артезіанські води здебільшого можна віднести до категорії безпечних (67%), де $I_{ст}$ не перевищує 50 одиниць. Однак води з трьох свердловин за виявленими токсикологічними характеристиками належали до категорії небезпечних ($I_{ст}$ коливався від 62,9 до 139,7).

Таблиця 3. Оцінка генотоксичності 30-ти марок фасованих негазованих вод на клітинах тварин і рослин

№ п/п	Марка фасованої води	Генотоксичні ефекти			
		Клітини рослин (цибуля)	Клітини тварин (карась)		
			Плавець	Зябри	Кров
1	«Цілюща»	ВГЕ	ВГЕ	ВГЕ	ВГЕ
2	«Бєбівіта»	ВГЕ/ВГЕ†	ВГЕ/ВГЕ	–	–
3	«Моршинська»	ВГЕ/ВГЕ	ВГЕ/ВГЕ	–	–
4	«San Benedetto»	ВГЕ/ВГЕ	ВГЕ/*	–	–
5	«Evian»	ВГЕ/ВГЕ	ВГЕ/ВГЕ	–	–
6	«Ордана»	ВГЕ/ВГЕ	ВГЕ/ВГЕ	–	–
7	«Йодіс»	ВГЕ	**	***	*
8	«Старий Миргород»	ВГЕ/ВГЕ	ВГЕ/ВГЕ	–	–
9	«Джерела Боржомі»	ВГЕ	**	***	ВГЕ
10	«Остреч»	ВГЕ	ВГЕ	ВГЕ	***
11	«Малятко»	ВГЕ	ВГЕ	*	*
12	«Бон Аква»	ВГЕ/ВГЕ	ВГЕ/ВГЕ	–	–
13	«Еден»	ВГЕ	ВГЕ	ВГЕ	***
14	«Юрське джерело»	ВГЕ/*	ВГЕ/ВГЕ	–	–
15	«Аква Сантал»	ВГЕ	ВГЕ	ВГЕ	ВГЕ
16	«Ремедія»	ВГЕ	ВГЕ	*	*
17	«Vittel»	ВГЕ/**	ВГЕ/ВГЕ	–	–
18	«Еко-Вінні»	ВГЕ	*	ВГЕ	*
19	«Софія Київська»	ВГЕ	ВГЕ	ВГЕ	***
20	«Оболонська-3»	ВГЕ/ВГЕ	ВГЕ/**	–	–
21	«Von Boisson»	*	**	ВГЕ	ВГЕ
22	«Трускавецька нова»	ВГЕ	*	**	***
23	«Вінні»	ВГЕ/ВГЕ	ВГЕ/*	–	–
24	«Еталон»	ВГЕ	ВГЕ	ВГЕ	***
25	«Кроха»	ВГЕ	ВГЕ	ВГЕ	**
26	«Добра вода»	ВГЕ/***	*/***	–	–
27	«НіРР»	**	*	**	***
28	«Трускавецька заповідна»	ВГЕ	*	***	ВГЕ
29	«Небесна криниця»	ВГЕ	**	***	*
30	«Апе-Голд»	***	**	**	***

Примітка. ВГЕ – відсутність генотоксичного ефекту; † – результати: листопад 2003 р./ лютий 2004 р.; * – P < 0,05; ** – P < 0,01; *** – P < 0,001.

Таблиця 4. Порівняльна оцінка артезіанських вод (9 бюветів м. Києва) за індексом загальної токсичності (I_{Σ})

№ п/п	Місцезнаходження бювету	Біотести				ΣI_{Σ}	Категорія води
		періодафнія	гідра	риба	цибуля		
1	вул. Артема/Кудрявська	2,5	1,4	10	0	13,9	Безпечні
2	Парк ім. Шевченка	6,4	7,7	0	0	14,1	
3	вул. Сабурова, 3	4,1	4,9	0	9,9	18,9	
4	вул. Туполева/Стеценка	0	8,6	0	16,3	24,9	
5	вул. Бальзака, 80	1,1	12,3	0	14,1	27,5	
6	вул. Прирічна, 19	19,9	4,1	0	8,9	32,9	
7	вул. Закревського, 85 в	12,2	42,0	0	8,7	62,9	Небезпечні
8	Пр. Тимошенка, 11	80,0	50,0	0	0	130,0	
9	вул. Почайнинська	19,7	100	20	0	139,7	

Артезіанські води всіх дев'яти свердловин були негенотоксичними для рослинних і тваринних клітин.

Погіршення якості питних фасованих вод, а саме — прояви токсичних і генотоксичних властивостей — можуть бути спричинені різними факторами: якістю вихідної води (перевищення припустимих концентрацій токсичних органічних та неорганічних речовин і рівнів радіоактивного забруднення); використанням певних технологій водопідготовки; впливом тари (міграція у воду ксенобіотиків); продуктами життєдіяльності мікроорганізмів, тривалістю й умовами зберігання вод; поєднанням окремих чинників (також не виключена і фальсифікація продукту).

Мікробіологічний аналіз фасованих вод. Одним із основних показників якості питної води є її мікробіологічна безпечність. Тому ми проводили також аналіз мікробіологічних процесів у 11 марок фасованих вод, які досліджували паралельно методами аналітичної хімії та біотестування.

Результати вивчення проб питної води за загальним мікробним числом (ЗМЧ), яке визначали у трьох режимах інкубації посівів (збільшення мікроорганізмів при 37 °С за

24 і 72 години, а також при 22 °С за 72 години) та за кількістю міжнародних одиниць (МО) бактеріальних ендотоксинів (КБЕ), наведено у таблиці 5.

З цих показників найчутливішим тестом стала кількість мікроорганізмів, які зростали при 22 °С інкубації посівів. В основному це були представники водних мікроорганізмів, частина яких здебільшого представлена умовно-патогенною мікрофлорою [11]. Чисельність цієї групи нормується на рівні 100 мікробних тіл в 1 мл води. До чутливих тестів слід віднести також кількість бактеріальних ендотоксинів, які виділяються внаслідок відмирання бактерій і в процесі їхньої життєдіяльності. Обидва зазначені показники виявилися найвищими у водах «Бевівіта», «Вінні» і «Старий Миргород». Дві води — «Бон Аква» і «Юрське джерело» — залишалися стабільними за мікробіологічними показниками. Несподіваною була поведінка ендотоксинів у воді «Ордана» наприкінці періоду спостереження при спокійних мікробіологічних показниках. У даному випадку не виключена позитивна реакція ЛАЛ-реактиву на продукти деструкції полімерного матеріалу тари або взаємодії з ними хімічного складу самої води.

Таблиця 5. Дослідження проб питної води за загальним мікробіологічним числом (ЗМЧ) і кількістю бактеріальних ендотоксинів (КБЕ), вираженою у міжнародних одиницях (МО)

Марка фасованої води	1-й етап (листопад 2003 р.)				2-й етап (лютий 2004 р.)				Ранги					
	ЗМЧ/мл			МО/мл	ЗМЧ/мл			МО/мл	1 етап/ ЗМЧ	1 етап/ КБЕ	2 етап/ ЗМЧ	2 етап/ КБЕ	Хімічний аналіз	Біотестування
	3 7 ⁰ -24 год.	3 37 ⁰ -72 год.	3 22 ⁰ -72 год.	КБЕ	3 7 ⁰ -24 год.	3 37 ⁰ -72 год.	3 22 ⁰ -72 год.	КБЕ						
«Бон Аква»	0	-	0	< 6,25	0	0	0	12,5	1,5	3	1,5	3	20	12
«Юрське джерело»	0	-	0	< 6,25	0	0	0	12,5	1,5	3	1,5	3	21	14
«Evian»	0	-	9	6,25	0	0	112	12,5	3,5	6	7	3	3	5
«Моршинська»	0	-	9	< 6,25	3	392	2240	125	3,5	3	11	7	4	3
«Ордана»	7	-	6	12,5	0	15	33	1000	6	9	6	8	5	6
«Vittel»	0	-	20	< 6,25	0	0	9	62,5	7	3	3	6	19	17
«Добра вода»	0	-	25	< 6,25	0	2	11	12,5	8,5	3	4	3	22	26
«San Benedetto»	0	-	25	12,5	0	5	13	12,5	8,5	9	5	3	7	4
«Бевівіта»	32	-	264	50	7	720	1648	5000	9	11	10	10,5	8	2
«Вінні»	0	-	320	12,5	0	2	1040	2000	10	9	9	9	14	23
«Старий Миргород»	5	-	2336	37,5	0	9	604	5000	11	10	8	10,5	12	8

Порівняння результатів біотестування, хімічного і мікробіологічного аналізів.

Порівняння результатів біотестування і хімічного аналізу 30-ти марок фасованих вод, які наведені в таблиці 1 і виражені у рангах, спонукає до таких висновків. Дані хімічного і біологічного підходів істотно не відрізняються для категорії фасованих вод, які не відповідають вимогам СанПіНу: «Bon Voisson», «Небесна криниця», «Апе-Голд» і «Кроха». Слід відзначити, що всі води цієї групи генотоксичні. Ранги за гігієнічними нормативами і ступенем токсичності водних зразків збігаються у групі вод вищої категорії, які не виявляють генотоксичності, — це «Evian», «Моршинська», «Ордана» і «Старий Миргород».

Найбільші розходження результатів біотестування і хімічного аналізу зафіксовано у водах з генотоксичними властивостями, а саме: «HiPP», «Малятко», «Ремедія», «Оболонська-3», «Вінні», «Трускавецька заповідна», «Еталон». Також ми виявили закономірність для вод, які за

хімічними параметрами належать до вищої категорії: збіг результатів аналітичної хімії і біотестування за відсутності генотоксичних властивостей і їхня розбіжність — за наявності генотоксичності. Це вказує на присутність у зразках ненормованих органічних речовин як на найбільш вірогідну причину виявлених розходжень.

Спостережувані розбіжності в оцінці низки фасованих вод за гігієнічними нормативами і даними біотестування свідчать, що слід глибше вивчати якість питних вод як у джерелах водопостачання, так і після різних способів очищення і кондиціонування води.

Порівняння результатів трьох підходів (мікробіологічного, хімічного та біологічного), які наведені в таблиці 5, відображає у більшості випадків збіг рангів за хімічними показниками і біотестуванням. Мікробіологічні показники й ендотоксини доповнюють і розширюють оцінку якості вод. Збіг з рангами за біотестуванням й аналітичною хімією у них менш виражений. Негеноток-

сичні, безпечні за токсикологічними і хімічними параметрами води «Evian», «Моршинська» й «Ордана» мали одні з кращих мікробіологічних показників на початку дослідження; однак після тримісячного зберігання цей висновок був справедливим лише для «Evian». У двох марках вод – «Бон Аква» і «Юрське джерело» – фірми (Кока-Кола Бевериджиз Україна Лімітед) зовсім не виявлено мікроорганізмів протягом усього періоду досліджень, причому їхні ранги за біотестуванням 12-й і 14-й, а за хімічним аналізом – 20-й і 21-й відповідно. Порівняно невисокий ранг в останньому випадку зумовлений, зокрема, і наявністю у водах консерванту невизначеної природи.

Здійснені дослідження засвідчили, що біотестування – з використанням як тест-організмів, так і клітинних біомаркерів – є ефективним підходом до інтегральної оцінки якості питних вод. Біотести виявляють токсичні властивості водного середовища, диференціюють різні марки фасованих вод за ступенем їхнього ризику для здоров'я людини. Отже, використання методів біотестування, поряд зі стандартними підходами аналітичної хімії та мікробіології, уможливає більш об'єктивну оцінку якості води.

Автори дослідження з вдячністю зазначають, що частина експериментів виконана за фінансової підтримки Президії Національної академії наук України (тема № 2.1.7.4.03; розпорядження від 01.07.2003 за № 404).

1. Архипчук В.В., Гончарук В.В. Проблемы качества питьевых бутылированных вод // Химия и технология воды. – 2004. – 26. – № 4. – С. 403–414.
2. Архипчук В.В., Малиновская М.В. Применение комплексного подхода в биотестировании природных вод // Химия и технология воды. – 2000. – 22. – № 4. – С. 428–443.
3. Архипчук В.В., Гончарук В.В. Биотестирование качества воды на клеточном уровне // Химия и технология воды. – 2001. – 23. – № 5. – С. 531–544.

4. КНД 211.1.4.055-97 // Методика визначення гострої летальної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg.
5. КНД 211.1.4.056-97 // Методика визначення хронічної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg.
6. Trottier S., Blaise C., Kusui T., Johnson E.M. Acute toxicity assessment of aqueous samples using a microplate-based *Hydra attenuata* assay // Environ. Toxicol. Water Qual. – 1997. – 12. – P. 265–271.
7. КНД 211.1.4.057-97 // Методика визначення гострої летальної токсичності води на рибах *Poecilia reticulata* Peters.
8. Fiskesjo G. A 2–3 days plant test for toxicity assessment of various chemicals by measuring the mean root growth of a series of onions (*Allium cepa* L.) // Environ. Toxicol. Water Qual. – 1993. – 8. – P. 461–470.
9. Arkhipchuk V.V., Romanenko V.D., Malinovskaya M.V. et al. Toxicity assessment of water samples with a set of animal and plant bioassays: experience of the Ukrainian participation in the WaterTox program // Environ. Toxicol. – 2000. – 15. – N 4. – P. 277–286.
10. Архипчук В.В., Гончарук В.В. Оценка качества питьевых бутылированных вод методами биотестирования // Химия и технология воды. – 2004. – 26. – №5. – С. 485–525.
11. Корчак Г.І., Горваль А.К. Якість бутильованої води за мікробіологічними показниками // Довкілля та здоров'я. – 2001. – №3 (18). – С. 29–32.

В. Гончарук, В. Архипчук, Г. Терлецька, Г. Корчак

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ФАСОВАНИХ ВОД

Резюме

Підсумовано результати комплексного дослідження 30-ти питних фасованих вод методами біотестування, хімічного і мікробіологічного аналізів.

Хімічний склад вод найпоширеніших торговельних марок, за рідкісним винятком, відповідав стандартам, прийнятим для питної води. У більшій частині фасованих вод не виявлено гострої токсичності як для тваринних, так і для рослинних тест-організмів; у хронічних експериментах, навпаки – практично всі зразки виявили токсичні властивості. Три чверті досліджених вод вірогідно спричинювали збільшення частоти ядерних порушень у клітинах, тобто зумовлювали генотоксичні ефекти.

Біотестування доцільно застосовувати для комплексної оцінки якості питних, у тому числі фасованих, вод разом зі стандартними методами хімічного та мікробіологічного аналізів.

V. Honcharuk, V. Arhipchuk,
G. Terlets'ka, G. Korchak

THE COMPLEX ASSESSMENT OF THE PACKED WATER

Summary

The results of complex investigation of 30 types of drinking packed water applying biotesting method, chemical and microbiological analysis are summarized.

Chemical composition of water of the prevailing brands with the exception of rear cases met the standards

accepted for drinking water. In most packed water types the high toxicity was not detected for animal and plant test-organisms; during chronic experiments the picture is different — practically all samples displayed toxic properties. The three fourth of the investigated water types evidently caused increase of nuclear abnormality in the cells thus stipulating genotoxic effects.

It's expedient to apply biotesting for complex evaluation of drinking water quality, including packed water, together with standard methods of chemical and biological analysis.

Хроніка

ШЕВЧЕНКІВСЬКИЙ САД У ШАХТАРСЬКОМУ КРАЇ

Одягнений у білосніжне вбрання сад, закладений у шахтарському Донецьку на честь Великого Кобзаря, став сьогодні справжньою окрасою Донецького ботанічного саду НАН України, який недавно відзначив своє сорокаріччя.

За словами директора Ботанічного саду О.З. Глухова, щоб закласти незвичайний Шевченківський меморіал, ученим довелося перелічити всі твори поета. Великий Кобзар був чудовим знавцем живої природи і в своїх творах згадав близько 140 видів дерев і рослин. Ученим-ботанікам Донецька у Шевченківському саду вдалося зібрати і розмістити на 10 сотках землі 100 видів згаданих поетом дерев і рослин. Нинішньої весни науковці Ботанічного саду оновлять і поповнять Шевченківський меморіал, запросять сюди на екскурсії мешканців і гостей Донецька.

Щороку Ботанічний сад шахтарського центру відвідує понад 30 тисяч екскурсантів.