

ЩОДО ТОКСИЧНОСТІ ХЛОРОВАНОЇ ВОДОПРОВІДНОЇ ВОДИ

**О. М. Якубчак, доктор ветеринарних наук, професор
В.О. Загребельний, Л. В. Адаменко, кандидати ветеринарних наук**

Доведено, що водопровідна хлорована вода проявляє цитотоксичний вплив на культури клітин людини. Цитотоксичність зумовлена наявністю у ній вільного хлору та хлоремісних летких речовин.

Вода, безпечність, хлорування, культури клітин, цитотоксичність.

Проблема наукового обґрунтування і вдосконалення системи вимог до якості та безпечності питної води для здоров'я людини є надзвичайно актуальною. Так, основними проблемами щодо безпечності та якості питної води в Україні є, здебільшого, незадовільний санітарно-гігієнічний стан поверхневих і підземних джерел питного водопостачання, відсутність зон санітарної охорони, техногенне забруднення природних водойм, зношеність водопровідних і каналізаційних мереж тощо. Для поліпшення питного водопостачання населення необхідним є прийняття законів і цільових програм; вдосконалення нормативно-методичної бази з гігієни води і санітарної охорони поверхневих і підземних вод; координація діяльності зацікавлених служб та відомств; впровадження методології оцінки ризику для здоров'я населення від вживання недоброякісної питної води; вдосконалення системи соціально-гігієнічного моніторингу [1].

Основними міжнародними документами, що регламентують вимоги до якості питної води є рекомендації ВООЗ [4] і Директива 98/83 з питної води країн ЄС [6]. Необхідно зазначити, що нині існує велика кількість гігієнічних нормативів для найнебезпечніших хімічних сполук, що трапляються у воді найчастіше [2, 6].

Для зниження біологічного ризику використання води винайдено різні способи її знезараження: фізичні, хімічні тощо. Найширше застосування в Україні набуло хлорування води. Хлор, який використовують для знезараження води, з одного боку, руйнує чималу кількість органічних сполук, а з іншою є надзвичайно небезпечним токсикантом, який має токсичні властивості для лабораторних тест-об'єктів. Нині досить часто тест-об'єктами визначення токсичності є культури клітин, зважаючи на їх досить високу чутливість до дії токсикантів, адекватну чутливості живих організмів, відтворюваність результатів тощо.

Мета дослідження — встановлення токсичності водопровідної питної води для культур клітин людини.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження гострої цитотоксичності води для культур клітин людини проводили за нормативними документами INVITTOX [3, 7]. Гостру цитотоксичність водопровідної хлорованої води оцінювали трьома основними тестами: метилтетразолієвим тестом (МТТ), фарбуванням нейтральним червоним (NRP) і тестом із сульфородаміном Б.

Дослідження проводили *in vitro* на культурах клітин: НК (нормальні кератиноцити шкіри людини), А-549 (епітеліоподібні клітини аденокарциноми легень людини), НЕК (нирки ембріона людини), які отримували з Банку клітинних ліній ІЕПОР ім. Р.Є. Кавецького Національної академії наук України.

Результати дослідження та їх обговорення. Для оцінки динаміки токсичності водопровідної хлорованої води, яка відповідала вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10, проби досліджувалися через 2, 6, 24 та 48 год після їх відбору (табл.).

Оцінка гострої цитотоксичності водопровідної води

Початок експозиції, год після відбору	Кількість життєздатних клітин, %			Середня токсичність, %
	А-549	НЕК	НК	
Свіжовідібрана	24,3±2,6*	16,7±3,1***	19,5±2,8	20,16±2,9
2,0	26,9±1,9	21,6±3,1*	24,1±2,6	24,2±2,8*
6,0	41,3±4,3	34,2±4,2	36,8±3,2	37,4±3,9
24,0	81,2±5,9***	76,8±5,6*	89,2±4,3	82,4±5,1
48,0	91,3±4,5	89,4±6,4	95,3±5,8	92±5,7
Після аерації	85,2±5,1	71,3±8,1	86,7±4,7***	81,06±6,4**

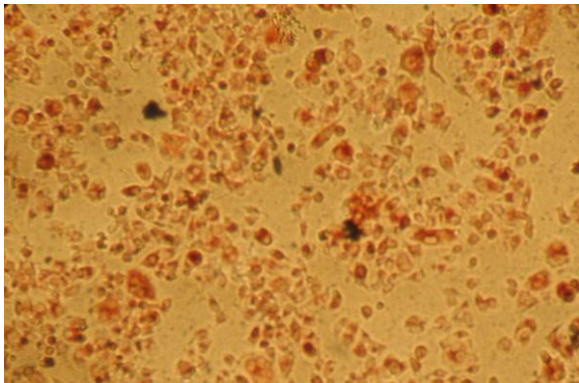
*P < 0,05; **P < 0,01; ***P < 0,001 – щодо контролю

Також визначення токсичності води здійснювали після звільнення від залишкового хлору відстоюванням та активною аерацією за допомогою мікрокомпресора впродовж 3 годин.

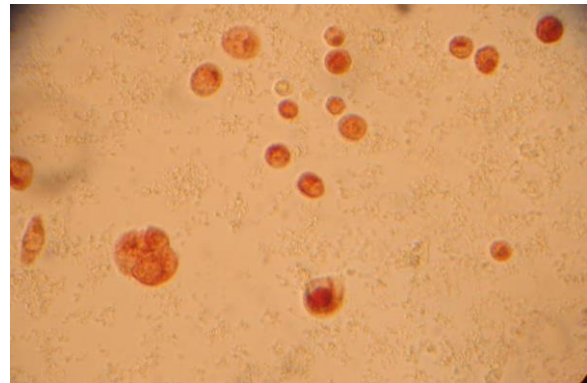
Установлено, що за внесення свіжовідібраної водопровідної води спостерігалися повна деструкція моношару, склеювання клітин, грануляція цитоплазми та руйнування морфологічної структури клітин. Причому загибель виявлена вже через 2 год після внесення досліджуваних проб у живильне середовище.

Кількість клітин, які залишилися живими, за внесення свіжовідібраної води до живильного середовища, за результатами дослідження на трьох лініях клітин становить 20,16±2,9 %. Причому найбільшу токсичність свіжовідібрана водопровідна вода виявляє на клітини ниркового походження. Наші дані підтвердженням раніше отриманих наукових даних щодо високого шкідливого впливу хлорованої води на сечостатеву систему людини, зокрема нирки та сечовий міхур. Згідно з літературними даними існує пряма залежність між кількістю онкологічних захворювань сечового міхура та ступенем хлорування води – чим вища кількість хлору у воді на певній території, тим більша кількість онкологічно хворих людей.

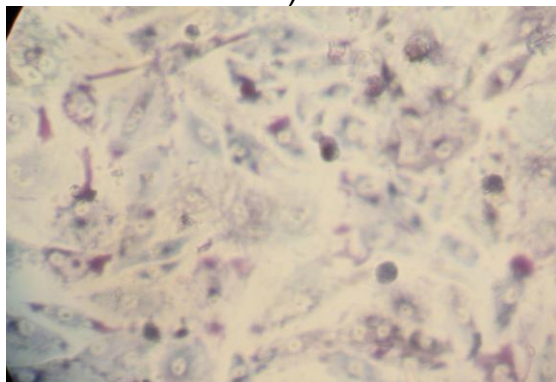
Дещо нижча токсичність свіжовідібраної водопровідної води на клітини шкірного ($19,5 \pm 2,8$ %) та легеневого походження ($24,3 \pm 2,6$ %) (рис. а, б).



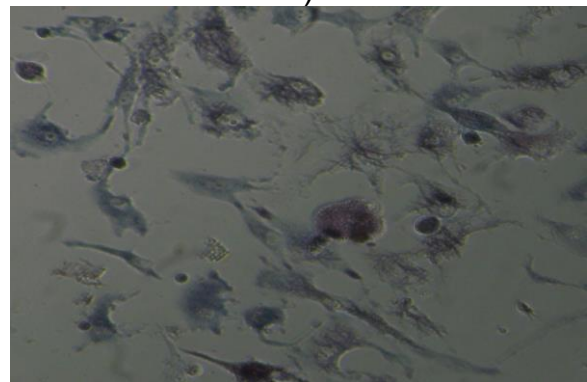
а)



б)



в)



г)

Культура клітин A-549 на другу добу після внесення проб води:

а) контроль (NRP), $\times 80$; б) після внесення свіжовідібраної водопровідної води (NRP), $\times 100$; в) контроль (MTT), $\times 200$; г) після внесення водопровідної води після відстоювання навіть протягом 6 год до ростового середовища (MTT) $\times 200$.

Тенденція вищої токсичності водопровідної води на культуру клітин ниркового походження підтверджується і дослідженнями її після відстоювання через 2, 4, 24 та 48 год.

Цитотоксичність водопровідної води є досить високою після відстоювання навіть протягом 6 год. Кількість клітин, які вижили, не перевищує 50 % для всіх досліджуваних ліній клітин. Найвищим цей показник є для клітин легеневого походження ($41,3 \pm 4,3$ %) (рис. в, г).

За внесення водопровідної води у живильне середовище для культивування культури клітин спостерігали округлення, роз'єднання клітин моношару, відторгнення їх з поверхні дна лунок з подальшою загибеллю.

Після відстоювання протягом 24 год водопровідна вода, внесена до живильного середовища, спричинює загибель близько 25 % клітин ниркового походження та близько 10–20 % – легеневого та ниркового походження.

Не досягає значень показників контролю виживаність клітин за внесення до живильного середовища проб води навіть при відстоюванні протягом 48 год.

Водопровідна вода після аерації протягом 3 год також має цитотоксичність. Так, кількість клітин, які вижили, за узагальненими результатами досліджень на трьох культурах клітин, становить $81,06 \pm 6,4$ % ($P < 0,01$). Причому найтоксичніші ці проби є для клітин ниркового походження (кількість клітин, які вижили – $71,3 \pm 8,1$ %). Разом з тим, варто зазначити, що активна аерація протягом 3 год призводить до зниження цитотоксичності водопровідної води до показника її токсичності після відстоювання протягом 24 год.

Зниження цитотоксичності водопровідної води за активної аерації підтверджує припущення про те, що цитотоксичність водопровідної води зумовлена наявністю у ній вільного хлору та хлорвмісних летких речовин.

Висновок

Отже, застосування води після хлорування можливе лише за активної її аерації або відстоювання в належних гігієнічних умовах протягом 24 год.

Список літератури

1. Онищенко Г.Г. Проблемы качества питьевой воды в Российской Федерации и пути их решения /Г.Г.Онищенко // Водоснабжение и санитарная техника // 2010. – № 12. – С.13–15.
2. Перечень санитарно-гигиенических норм "Допустимые уровни содержания пестицидов в сельскохозяйственном сырье, пищевых продуктах, воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе, воде водоемов, почве". – Пост. №15, утв. МЗ Украины 10.06.95 г.
3. Подунова Л.Г. Альтернативные методы исследования (экспресс-методы) для токсикологической оценки материалов, изделий и объектов окружающей среды. Методическое пособие / Подунова Л.Г. – М., 1999. – 108 с.
4. Руководство по контролю качества питьевой воды. Уровни рекомендуемых величин. – Женева, 1994. – 255 с.
5. СанПиН 4630-88 "Санитарные требования и нормативы охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами". – М., 1988.
6. COUNCIL DIRECTIVE 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. // Official Journal of the European Communities. – 1998. – 54 с.
7. In Vitro Cytotoxicity Test Methods for Estimating Acute Oral Systemic Toxicity – November, 2006 – NIH Publication – № 07-4518