

ГЕНОТОКСИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ФТОРА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Фтор – один из наиболее реакционно-активных химических элементов и поэтому встречается на земной поверхности не в индивидуальном состоянии, а исключительно в виде соединений. Фтор широко распространен в природе и находится в минералах, рудах, почвах, атмосфере, природных водах, растительных и животных организмах [1, 2].

Повсеместное распространение растворимых фторсодержащих соединений в породах и почвах обуславливает наличие фтора в природных водах, используемых для питьевого водоснабжения.

В зависимости от ионного состава воды содержание фтора колеблется в широких пределах. В большинстве поверхностных источников (реках, озерах, водохранилищах) его содержание колеблется в пределах 0,3–0,5 мг/дм³. В подземных водах природная концентрация фтора изменяется от средних (1,0–15 мг/дм³) до очень высоких (более 35–50 мг/дм³) значений и зависит от геологических, химических и физических характеристик водоносного слоя, пористости и кислотности почвы, температуры, действия присутствующих химикатов и т.д. [3–6].

Одним из показателей качества питьевой воды является содержание в ней фтора [1, 3–5, 7]. Попадая в организм животных и человека, фтор взаимодействует с железом, марганцем, никелем и другими химическими элементами, образуя комплексные соединения, которые угнетают действие ферментов и нарушают обмен веществ. Такие необратимые заболевания, как зубной и скелетный флюороз, являются следствием замещения фтором гидроксильных групп в гидроксипапате – основной составляющей зубной эмали и костной ткани. При длительном поступлении в организм человека соединения фтора оказывают токсическое воздействие на сердечнососудистую и центральную нервную систему, а также на работу печени, почек, щитовидной железы. В то же время при использовании питьевой воды с низким содержанием фтора наблюдается заболевание кариесом. Согласно требованиям ВОЗ со-

держание фтора в питьевой воде – 1,0 мг/дм³ [8]. Фтор является необходимым компонентом для нормальной жизнедеятельности организма человека и животных, его переизбыток или недостаток могут привести к серьезным негативным последствиям.

Цель данной работы состоит в изучении влияния различных концентраций фторид-ионов, поскольку для Украины содержание фторид-ионов в подземных источниках питьевого водоснабжения колеблется в достаточно широких диапазонах. В среднем по стране этот показатель составляет 2,5–5 мг/дм (в Днепропетровской 2,3–4,5 мг/дм и Полтавской области 2,5–8,8 мг/дм) и более (до 12 мг/дм³) [9]. Также работа посвящена изучению принципа действия различных концентраций фторид-ионов и определению их влияния на клетки крови тест-организма (рыбы, *Danio rerio*).

Рыбы реагируют на токсиканты подобно высшим позвоночным, например млекопитающим, поэтому они могут быть использованы для обнаружения веществ, которые вызывают канцерогенный эффект у человека [10], в данном случае для изучения действия фтора в питьевой воде. Непосредственно для живущих в воде организмов цикл жизни и химические реакции в них происходят так же, как у других позвоночных, к которым рыба близка по своим органам и системам (лягушки, крысы, кролики, птицы) [10]. Поэтому они могут стать «контролем» также при изучении влияния фтора в питьевой воде.

Анализ микроядер как метод исследования генотоксичности и биомаркер генотоксического риска для человека является уникальным методом оценки. В последнее время он приобретает все большую популярность. По сравнению с тестом на хромосомные аберрации подсчет микроядер является более простым, не требует долгой подготовки и занимает меньше времени, т.е. микроядерный тест в силу своей простоты и возможностей быстрого анализа становится методом скрининга химических соединений на генотоксичность. Еще одним преимуществом этого

метода является то, что он позволяет проводить оценку уровня хромосомных нарушений по анализу интерфазного ядра, т.е. не требует наличия клеток в митозе, в отличие от теста на индукцию хромосомных aberrаций [11, 12].

Материалы и методы

Для изучения различных концентраций фторид-ионов с помощью методов биотестирования были взяты три модельных образца воды. Первым образцом являлась модельная вода, содержащая 1 мг/дм³ фторид-ионов (согласно требованиям ВОЗ [8]). Вторым образцом являлась модельная вода с содержанием фторид-ионов 1,5 мг/дм³, в качестве третьего образца использовали модельную воду с содержанием фторид-ионов 3 мг/дм³. Контрольную воду приготавливали в лабораторных условиях согласно рекомендациям ДСТУ 4174:2003.

Оценка качества образцов с помощью биологического анализа учитывала организменный и клеточный уровень рыб *Danio rerio*.

У исследуемых рыб отбирали кровь из хвостовой вены и готовили цитологические препараты. С отобранной крови делали мазки, фиксировали 96%-ным раствором этилового спирта, высушивали и окрашивали (25 мин) раствором азур-эозина по Романовскому-Гимза [12, 13]. Анализ цитологических препаратов проводили под световым микроскопом (общее увеличение $\times 1000$) и определяли количество клеток с микроядрами и двойными ядрами в контрольной и опытной группах. Затем проводили сравнительный анализ количества образованных микроядер и двойных ядер. Количество клеток, проанализированных для каждой особи, составляла 3000.

Частота образования микроядер и двойных ядер, а именно величина отклонения от контроля, была использована для оценки генотоксичности воды. Статистическую обработку проводили стандартными методами, токсический эффект считается действительным при статистически достоверной разнице с контролем [14].

Показателем токсичности на уровне организма выступала смертность рыб. В каждую пробу помещали по 10 особей и наблюдали за их поведением и физиологическим состоянием.

Результаты и обсуждение

Во время проведения биотестирования с помощью рыб *Danio rerio* острая токсичность не наблюдалась, уровень выживаемости тест-организ-

мов составил 100%. Результаты по генотоксичности модельных образцов воды с различными концентрациями фторид-ионов представлены в табл.

Таблица

Генотоксичность исследованных образцов вод с фторид-ионами

Образцы исследуемых вод	Генотоксические показатели, ‰	
	микроядра	двойные ядра
контрольная вода	0	0
1,0 мг/дм ³	0	0,33
1,5 мг/дм ³	0,33	0,66*
3,0 мг/дм ³	0,66*	0,99*

Примечание: * – $p < 0,05$ по сравнению с контрольной группой.

Из полученных данных видно, что образец воды с концентрацией фторид-ионов 1,0 мг/дм³ не проявлял генотоксический эффект. Согласно ДСТУ 7387:2013 критерий генотоксичности не превышает 0,33 ‰. В исследуемых образцах вод с концентрациями 1,5 мг/дм³ и 3,0 мг/дм³ было достоверное ($p < 0,05$) увеличение количества микроядер и двойных ядер в периферической крови у рыб по сравнению с контрольной водой, их значения достигли от 0,99 ‰ и 1,65 ‰ соответственно, что свидетельствует о проявлении генотоксического эффекта.

Выводы

Биотестирование природных и питьевых вод является актуальной задачей во многих странах мира. Биологические системы являются очень чувствительными к токсическим веществам водной среды. С появлением вредных химических соединений в воде происходят изменения параметров биохимических реакций у гидробионтов.

В работе все образцы вод с содержаниями фтора 1,0 мг/дм³, 1,5 мг/дм³ и 3,0 мг/дм³ не вызвали острую токсичность у тест-объектов. Повышенное содержание фтора в воде более 1,0 мг/дм³ проявило генотоксический эффект. Согласно требованиям ВОЗ содержание фтора в питьевой воде – 1,0 мг/дм³.

Таким образом, фтор является необходимым компонентом для нормальной жизнедеятельности организма животных и человека, его переизбыток или недостаток могут привести к серьезным негативным последствиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Золотова Е.Ф., Асс Г.Ю. Очистка воды от железа, марганца, фтора и сероводорода. – М.: Стройиздат, 1975. – 89 с.
2. Гончарук В.В., Жукинський В.Н., Чернявська А.П., Скубченко В.Ф. Разработка эколого-гигиенической классификации качества поверхностных вод Украины – источников централизованного питьевого водоснабжения // Химия и технология воды. – 2003. – 25, № 2. – С. 106–157.
3. Fawell J., Bailey K., Chilton J., Dahi E., Fewtrell L., Magara Y. Fluoride in Drinking-water. – Geneva: WHO, 2006. – 134 p.
4. Kass A., Gavrieli A., Yechieli Y., Vengoshc A., Starinskyb A. The impact of freshwater and wastewater irrigation on the chemistry of shallow ground-water: a case study from the Israeli Coastal aquifer // J. Hydrol. – 2005. – 300, № 1–4. – P. 314–331.
5. Meenakshi, Maheshwari R.C. Fluoride in drinking water and its removal // J. of Hazardous Materials. – 2006. – 137, № 1. – P. 456–463.
6. Amina C., Lhadi L.K., Younsi A., Murdy J. Environmental impact of an urban landfill on a coastal aquifer // J. Afr. Earth Sci. – 2004. – 39, № 3–5. – P. 509–516.
7. Nagendra Rao C.R. Fluoride and environment – a review // Proceedings of the Third International Conference on Environment and Health, Chennai, India, 15–17 December, 2003. – P. 386–399.
8. Guidelines for drinking-water quality first addendum to third edition. Volume 1 Recommendations. – Geneva: WHO, 2006.
9. Жовинський Э.Я., Крюченко Н.О. Полтавская фтороносная провинция // Вода і водоочист. технол. – 2003. – № 2. – С. 46–50.
10. Верголяс М.Р., Гончарук В.В. Використання цитологічних біомаркерів на рибах для оцінки антропогенного забруднення морських і прісних вод // Фактори експериментальної еволюції організмів: зб. наук. праць / За ред. В.А. Кунаха [та ін.]. – 2008. – 4. – С. 60–63.
11. Norppa H., Falck G.C. What do human micronuclei contain? // Mutagenesis. – 2003. – 18, № 3. – P. 221–233.
12. Гончарук В.В., Верголяс М.Р., Болтіна І.В. Спосіб визначення генотоксичності водного середовища. Патент України № 201004569 МПК (2009) G 01 № 33/18. / Опубл. – 2010. Бюл. № 6.
13. ДСТУ 7387:2013. Якість води. Метод визначення цито- та генотоксичності води і водних розчинів на клітинах крові прісноводної риби *Danio rerio* (*Brachydanio rerio* Hamilton-Buchanan). – Введ. 2013.
14. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1980. – 293 с.

VERGOLYAS M.R., GOLOVKOV A.N., NANIIEVA A.V., PELISHENKO F.V., GONCHARUK V.V.

Institute of colloid chemistry and water chemistry named A.V. Dumansky NAS Ukraine, Ukraine, 03680, Kyiv, Acad. Vernadsky boul., 42, e-mail: vergolyas@meta.ua

GENOTOXIC INFLUENCE OF FLUORINE DRINKING WATER

Aim. Fluoride is widely distributed in nature and contains in minerals, ores, soils, atmosphere, natural waters, plant and animal organisms. One measure of the quality of drinking water is its content of fluorine. Getting in an organism of animals and humans, fluoride reacts with iron, manganese, nickel and other chemical elements to form complex compounds that inhibit the action of enzymes and disrupt the metabolism. **Methods.** In this paper we studied the effect of different concentrations of fluoride ions in the blood cells of the test organism (fish, *Danio rerio*), because for Ukraine content of fluoride ions in the subterranean sources of drinking water supply varies in a fairly wide range. The national average, the figure is 2.5–12 mg/dm³. **Results.** During the bioassay using fish *Danio rerio* acute toxicity was not observed, the survival rate of the test organisms in all concentrations was 100%. The water samples at concentrations of 1.5 mg/dm³ and 3.0 mg/dm³ and the number of micronuclei twins reached values of 0.99 ‰ and 1.65 ‰, respectively, indicating manifestation genotoxic effect. **Conclusions.** A water sample with fluoride ion concentration of 1.0 mg/dm³ did not show genotoxic effect and meets WHO requirements. Fluoride is an essential component for the normal functioning of the body and of animals and humans, its surplus or deficiency can lead to serious negative consequences.

Keywords: drinking water, different concentrations of fluoride, genotoxicity, fish *Danio rerio*.