

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВЫХ ВОД РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПЛЕКСНОГО БИОТЕСТИРОВАНИЯ

В.В. Гончарук, В.Ф. Коваленко, И.А. Злацкий

Институт коллоидной химии и химии воды им. А.В. Думанского
НАН Украины, г. Киев

Поступила 06.05.2011 г.

Исследовано с помощью комплекса животных и растительных тест-организмов качество воды централизованного питьевого водоснабжения населения, артезианской воды из бюветов г. Киева и фасованной негазированной питьевой воды производства различных фирм. Критерием оценки качества этих вод служил интегральный показатель – индекс общей токсичности, который позволял отнести их к категориям от "неопасной" до "очень опасной".

Ключевые слова: биотестирование, индекс общей токсичности, категории питьевых вод, питьевая вода.

Введение. В последние годы в связи с интенсификацией антропогенного загрязнения гидросферы проблема качественной питьевой воды становится первоочередной для человечества. Каждый год десятки тысяч новых загрязняющих веществ пополняют многомиллионный состав поллютантов поверхностных вод. Даже находясь в питьевой воде в очень низких концентрациях, они в результате действия известного явления синергизма могут оказывать токсическое действие на потребителя. Определение химического состава воды не может учитывать этого фактора, а поэтому не дает объективную оценку качеству питьевой воды. Для решения данной задачи в Институте коллоидной химии и химии воды НАН Украины впервые были использованы методы комплексного биотестирования качества питьевых вод [1 – 3].

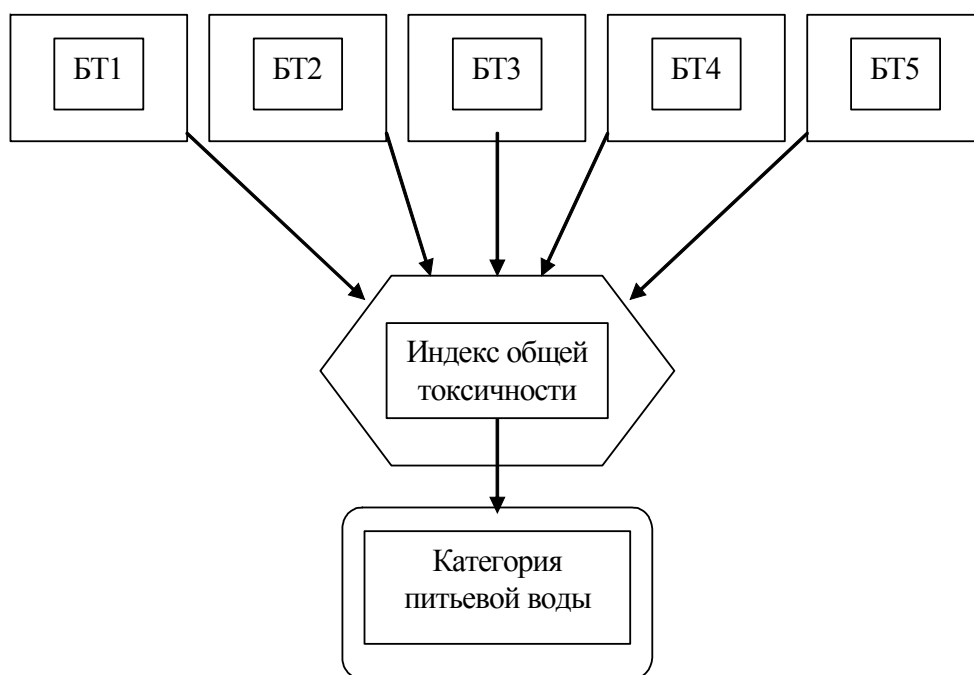
Цель данной работы – сопоставление результатов биотестирования вод различного происхождения, полученных с помощью комплекса животных и растительных тест-организмов. Сравнительная характеристика позволяет выявить наиболее безопасные воды, потребляемые человеком. Качество такой питьевой воды – физиологически полноценно, так как в ней должны отсутствовать антропогенные загрязняющие вещества и

© В.В. ГОНЧАРУК, В.Ф. КОВАЛЕНКО, И.А. ЗЛАЦКИЙ, 2011 "

присутствовать жизненно необходимые биогенные элементы, которые легко усваиваются организмом из воды [4].

Методика эксперимента. В лаборатории биотестирования вод ИКХХВ им. А.В. Думанского НАН Украины разработан, апробирован и успешно применяется комплексный подход в оценке качества питьевых вод с помощью одновременного биотестирования набором животных и растительных организмов [5]. Принцип такого подхода заключается в том, что для биотестирования вод с низким уровнем загрязнения применяются 4 – 5 тест-организмов, обладающих чувствительностью к химическим веществам различного происхождения (рисунок). Применение комплекса биотестов (БТ1-БТ5) позволяет получить объективную оценку качества тестируемых вод с применением животных и растительных организмов. Отдельные результаты биотестирования складываются, и для количественной интерпретации их суммы предлагается индекс общей токсичности (ИОТ) для всех биотестов, включенных в комплекс. Чтобы исключить доминирующее влияние какого-либо из биотестов на общий результат, максимальный результат одного биотеста ограничивается 100 условными единицами (у.е.) в случае 100%-ной гибели тест-организмов. Число организмов, участвующих в процедуре биотестирования, определяет наибольшее значение ИОТ. В наших исследованиях с использованием пяти биотестов данный индекс не может превышать 500 у.е. При помощи ИОТ можно определить, к какой категории относится тестируемая вода. Если ИОТ находится в диапазоне 0 – 50 у.е. (нормативные документы по биотестированию допускают гибель 10% тест-организмов в контрольной воде), то вода относится к категории "неопасная", если же в диапазоне 51 – 100 у.е., то она соответствует категории "условно опасная", в диапазоне – 101 – 150 у.е. – "опасная", а если значение ИОТ превышает 151 у.е. – "очень опасная". Такая вода при длительном употреблении представляет высокую степень риска для здоровья человека.

Из стандартизированных биотестов для оценки качества питьевых вод рекомендуется применение методов биотестирования с помощью ветвистоусых рачков: дафнии (*Daphnia magna*) и цериодафнии (*Ceriodaphnia affinis*). Эти методы биотестирования детально разработаны Украинским НИИ экологических проблем Минэкоресурсов и утверждены как национальные стандарты Украины (ДСТУ 4173:2003 и ДСТУ 4174:2003) [6,7]. Сущность методов заключается в регистрации разницы между выживаемостью или плодовитостью дафний и цериодафний в исследуемых питьевых водах и водной средой, в которой тест-организмы культивируются (контроль). Методики относительно просты, не требуют дорогостоящего специального оборудования, достаточно информативны и экспрессивны.



Блок-схема комплексного биотестирования природных и питьевых вод: БТ1 – биотест на ракообразных (дафниях или цериодафниях); БТ2 – биотест на кишечнополостных (пресноводная гидра); БТ3 – биотест на рыбах (данио рерио или гуппи); БТ4 – биотест на растениях (проращивание семян пшеницы или репчатого лука); БТ5 – биотест на эмбриогенезе яйцеклеток рыб (данио рерио)

Результаты и их обсуждение. Оценка качества водопроводной воды в г. Киеве за последние 10 лет методами биотестирования показала ее непригодность как питьевой воды. Все тест-организмы в той или иной степени испытывали токсическое действие водопроводной воды. Согласно суммарному индексу токсичности в любое время года она относилась к категории "очень опасная" вода (таблица). Анализируя причины высокой токсичности водопроводной воды, авторы пришли к выводу, что это явление можно объяснить хлорированием исходной воды, наличием в ней остаточного хлора и продуктов соединения хлора с органическими веществами, в первую очередь с хлорированными фенолами. Хлорфенолы – высокотоксические вещества, они устойчивы к распаду и трансформированию, обладают высокой аккумулярующей способностью [8]. Накапливаясь в тканях живых организмов, хлорфенолы нарушают работу многих систем организма, в частности иммунной и эндокринной. Кипячение водопроводной воды не устраняет ее токсичности для живых организмов.

Следует отметить, что водопроводная вода крайне трудно включается в метаболизм живыми организмами и их клетками. Поверхностное натяжение водопроводной воды составляет ~ 75 дин/см, а клетка может использовать воду с поверхностным натяжением $\sim 43 - 45$ дин/см (45 дин/см – это биологически оптимальное поверхностное натяжение межклеточной жидкости и крови).

Еще один фактор токсичности водопроводной воды – неудовлетворительное состояние труб централизованного питьевого водоснабжения населения и внутренние водопроводные разводки жилого фонда, которые десятилетиями не менялись. Химические и микробиологические загрязняющие вещества накапливаются на стенках труб продолжительное время, и при подаче воды они смываются в проток и поступают из кранов в квартиры. На внутренних поверхностях труб поселяется и размножается множество различных микроорганизмов: вирусов, бактерий, водорослей, микромицетов, выделяющих токсические вещества. Молекулы этих токсинов проявляют стойкость к кипячению и действию хлора.

Чугунные и стальные трубы водопроводной сети, медные и цинковые детали кранов расширяют и пополняют перечень и концентрацию металлов, содержащихся в воде. В водопроводной воде могут присутствовать растворенное железо, марганец и тяжелые металлы. Реже – фтор, сероводород, фосфаты.

Качество водопроводной воды можно улучшить доочисткой и обеззараживанием, например, с помощью универсальных установок "Вега", которые разработаны и апробированы специалистами ИКХХВ им. А.В. Думанского НАН Украины.

Процентное распределение качества питьевых вод различного происхождения по категориям на основании значений индекса токсичности

Категория воды	Водопроводная	Фасованная	Артезианская
	воды, %		
	(n = 8)	(n = 17)	(n=10)
Неопасная	0	5	90
Условно опасная	0	41	10
Опасная	0	24	0
Очень опасная	100	30	0

Исследования качества фасованных негазированных питьевых вод различных марок методами биотестирования показали, что больше половины (54%) этих вод принадлежат к категории "опасная" и "очень опасная" (см. таблицу). Причин, объясняющих такое низкое качество фасованных вод, достаточно. Прежде всего – это добавление в воду различных обеззараживающих и консервирующих веществ, вплоть до антибиотиков, которые при употреблении фасованной воды активно взаимодействуют с эпителиальной тканью желудочно-кишечного тракта, вызывая ее раздражение и воспаление (гастриты). К тому же консерванты угнетают микрофлору желудка и кишечника, что приводит к нарушению пищеварительного процесса.

Проблема качества питьевых фасованных вод тесно связана с ее химическим составом и микробиологической обсемененностью [9]. Поскольку вода фасуется в емкости и хранится в течение длительного времени, то технологии ее обработки и сроки хранения не должны ухудшать первоначального качества.

Одним из негативных факторов, влияющих на качество фасованных вод, является длительный контакт питьевой воды с материалом тары. Полиэтилентерефталат (ПЭТ) благодаря своим физико-химическим свойствам широко используется для разлива питьевых вод. Однако он выделяет в воду соединения, которые в повышенных концентрациях могут причинить вред здоровью человека, а именно: терефталевую кислоту, изофталевую кислоту, этиленгликоль и др. Известно также, что ПЭТ может претерпевать тепловую деградацию, продуктом которой является ацетальдегид. Повышенная температура хранения фасованных вод значительно усиливает процесс миграции ацетальдегида.

Комплексное биотестирование артезианских вод (юрского и сеноманского горизонтов) из бюветов, расположенных в разных районах г. Киева, показало их высокое качество – 90% исследуемых вод соответствовали ИОТ категории "неопасная" (см. таблицу). Артезианские воды с глубинных водоносных горизонтов (90–340 м) достаточно защищены толщей пород от техногенного и микробного загрязнения, и могут употребляться в качестве питьевых без дополнительной очистки и обеззараживания [10]. Однако качество артезианских вод часто снижается при изготовлении фасованных вод с помощью доочистки различными технологиями (фильтрация, коагуляция, флокуляция, озонирование, обработка ультрафиолетом, добавление консервантов и др.). После технологической обработки артезианская вода не всегда сохраняет природные свойства. Она может даже приобрести токсические свойства. Установлено [11], что артезианские воды не обладают цитотоксичностью по сравнению с фасованными водами, которые характеризуются негативными из-

менениями в жизнедеятельности клеток тест-организмов. Таким образом, они не требуют дополнительной обработки и соответствуют условиям новой концепции качества питьевых вод [12].

Выводы. Проведена сравнительная характеристика качества питьевых вод различного происхождения по результатам комплексного биотестирования с помощью набора животных и растительных тест-организмов. Так, водопроводная вода оказывала токсическое действие на все биотесты, и, следовательно, не может использоваться в качестве питьевой воды из-за высокой степени риска для здоровья человека. Среди тестируемых фасованных питьевых вод только "Моршинская" соответствовала категории "неопасная", остальные марки фасованных вод в разной степени негативно воздействовали на жизнедеятельность тест-организмов. Артезианские воды не оказывали токсического влияния на биотесты, и поэтому их качество соответствует требованиям, предъявляемым к питьевым водам, удовлетворяющим физиологические потребности организма человека.

Резюме. Досліджено за допомогою комплексу тваринних і рослинних тест-організмів якість води централізованого питного водопостачання населення, артезіанська вода з бюветів м. Києва і фасованої негазованої питної вода виробників різних фірм. Критерієм оцінки якості вод служив інтегральний показник – індекс загальної токсичності, який дозволяв віднести досліджувані проби до категорій: від "безпечна" до "дуже небезпечна" вода.

V.V. Goncharuk, V.F. Kovalenko, I.A. Zlatskiy

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE DRINKING WATER OF DIFFERENT ORIGIN BASED ON AN INTEGRATED BIOASSAY

Summary

With a battery of animal and plant test organisms investigated the water quality of centralized water supply, artesian water from the pump room in Kiev and packaged non-carbonated drinking water of different manufacturers. The criterion for assessing water quality was an integral index – the index of toxicity, which allows us to assign the test sample to the categories: from "harmless" to "very dangerous" water.

- [1] *Архипчук В.В., Малиновская М.В.* // Химия и технология воды. – 2000. – **22**, №4. – С.428 – 443.
- [2] *Архипчук В.В., Гончарук В.В.* // Там же. – 2004. – **26**, №5. – С.485 – 525.
- [3] *Гончарук В.В., Архипчук В.В., Терлецька Г.В., Корчак Г.І.* // Вісн. НАН України. – 2005. – №3. – С.47 – 58.
- [4] *Гончарук В.В.* // Химия и технология воды. – 2008. – Спец. вып. – Ч.2 – С.52 – 111.
- [5] *Архипчук В.В.* // Экологические аспекты современных технологий охраны водной среды. – Киев: Наук. думка, 2005. – С.322 – 347.
- [6] *ДСТУ 4173:2003* Визначення гострої летальної токсичності на *Daphnia magna Straus* та *Ceriodaphnia affinis Lilljeborg (Cladocera, Crustacea)*. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 17 с.
- [7] *ДСТУ 4174:2003* Визначення хронічної токсичності хімічних речовин та води на *Daphnia magna Straus* і *Ceriodaphnia affinis Lilljeborg (Cladocera, Crustacea)*. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 22 с.
- [8] *Елин Е.С.* Фенольные соединения в биосфере. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 234 с.
- [9] *Архипчук В.В., Гончарук В.В.* // Химия и технология воды. – 2004. – **26**, №4. – С.403 – 414.
- [10]. *Бювети Києва. Якість артезіанської води / За ред. В.В. Гончарука* – К.: Геопринт, 2003. – 110 с.
- [11] *Ісламов В.О., Верголяс М.Р., Мосійчук Т.В.* Оцінка якості артезіанських та бутильованих питних вод методами біотестування: Охорона водного басейну та контроль якості води. – К., 2004. – С.121 – 124.
- [12] *Гончарук В.В.* // Химия и технология воды – 2010. – **32**, №5. – С.463 – 512.