

НОВЫЙ ТЕСТ-ОБЪЕКТ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБЕЗЗАРАЖЕННОЙ ВОДЫ

Е. С. Болгова, М. Н. Сапрыкина, В. В. Гончарук

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

e-mail: saprikinam@yandex.ua

Проведен мониторинг источников водоснабжения и водопроводной воды г. Киева. Установлено, что грибы рода Candida встречаются повсеместно. Показано, что эти микроскопические грибы более устойчивы к действию различных дезинфектантов в сравнении с санитарно-показательным микроорганизмом Escherichia coli. Предложен новый тест-объект для оценки качества обеззараженной воды.

Ключевые слова: вода, мониторинг, методы обеззараживания, тест-объект для оценки качества обеззараженной воды.

Вода – важнейший ресурс для всего живого. Однако широкое использование различных пестицидов, удобрений, антибиотиков, синтетических моющих средств и других загрязняющих веществ значительно ухудшило ее качество. Такое негативное воздействие на водные ресурсы привело к изменениям в биосфере, вызывая мутации микроорганизмов, фауны и флоры, что в свою очередь негативно влияет на здоровье человека.

Сегодня микробиологический контроль качества воды осуществляют, ориентируясь на выявление определенных бактерий, вирусов и простейших. Среди них общепризнанным санитарно-показательным микроорганизмом при оценке качества обеззараживания воды является *Escherichia coli*. Определение этих микроорганизмов проводят с использованием классических методов анализа, несмотря на изменения, произошедшие в микробиоте в результате антропогенного влияния. Таким образом, отсутствие в обеззараженной воде ряда микроорганизмов, контролируемых нормативным документом по оценке качества воды, не гарантирует её безопасности [1].

В мире для обеззараживания воды уже в течение многих десятилетий широко используют хлорирование, озонирование и УФ-излучение. Однако, несмотря на это, количество заболеваний, передающихся водным путем, продолжает расти, в связи с чем возникает необходимость определить эффективный тест-объект для микробиологической оценки качества обеззараженной воды.

Материалы и методы. Проводили систематический мониторинг водопроводной воды, отобранной в разных районах г. К [1]. Микробиологический анализ воды осуществляли согласно [2], а микологические исследования проводили в соответствии с [3].

Исследовали влияние гипохлорита натрия, озона и УФ-излучения на санитарно-показательный микроорганизм *E. coli* и на микроскопические грибы *C. albicans*. Диапазон исследуемых концентраций гипохлорита натрия составлял от 0,5 до 5,0 мг/дм³. Продолжительность контакта – 60 мин.

Дозы поглощенного (ДПГ) озона рассчитывали в пересчете на 1 дм³ исследуемой воды. Концентрация озона в озono-воздушной смеси составляла 8,65 мг/дм³. Продолжительность контакта культур *E. coli* и *C. albicans* с озono-воздушной смесью – от 1 мин 30 с до 10 мин.

Оценку степени обеззараживания воды от клеток *E. coli* и *C. albicans* с помощью УФ-излучения проводили в установке «Промінь-1» в проточном режиме. Оптическая плотность взвеси культур в кювете с $l = 1$ см при $\lambda = 254$ нм колебалась в пределах 0,19–0,23. Источником излучения в аппарате является ртутная лампа низкого давления ДРБ-8, основное

излучение которой приходится на длину волны, равную 254 нм. Энергия излучения в этой области составляет 2,5 Вт. Толщина облучаемого слоя – 2 см.

Выживание культур определяли по показателю КОЕ при посеве отобранных проб воды соответственно на среду Эндо и Сабуро с дихлораном. Культивирование проводили при 37 °С в течение суток для *E. coli* и при 27 °С в течение двух суток для *C. albicans*.

Результаты и их обсуждение. С целью обнаружения информативного тест-объекта для оценки качества обеззараживания воды, нами проведен микробиологический анализ водопроводной воды, отобранной из различных административных районов г. Киева, с использованием стандартных методов выявления. Определяли бактерии группы кишечных палочек, присутствие которых свидетельствует о загрязнении воды выделениями из кишечника теплокровных; термотоллерантные кишечные бактерии – специфический индикатор свежего фекального загрязнения. Также устанавливали общее количество микроорганизмов при температуре инкубации (22±1) °С на 5 сутки и (36±1) °С через одни сутки. Рост числа колоний при (22±1) °С свидетельствует об ухудшении санитарно-гигиенического состояния системы водоподготовки или водоснабжения, или же о появлении источника загрязнения, или возникновении условий для вторичного размножения микроорганизмов. Наличие колоний при 36±1 °С свидетельствует о возможном загрязнении воды антропогенной микробиотой. Показано, что в течение всего периода наблюдения (12 месяцев), независимо от места отбора проб воды, отклонение общепринятых микробиологических показателей от допустимых норм не наблюдалось.

Однако, микологический анализ этой же водопроводной воды позволил установить наличие в ней микроскопических грибов (микромикетов) [4]. Известно, что микромикеты способны ухудшать органолептические показатели воды, а также выделять в водную среду вещества, опасные для здоровья человека – микотоксины, обладающие мутагенным, тератогенным, эмбрионотоксическим, аллергенным, иммуносупрессивным действием [5, 6].

Установлено, что во всех пробах воды, независимо от срока эксплуатации трубопроводов, а также от места отбора, количество микромикетов колеблется от 3 до 25 КОЕ/100 см³ (средние значения за год), при этом доминируют дрожжеподобные формы. Наивысшее количество грибов рода *Candida* выявлено в Соломенском и Святошинском районах. Среди мицелиальных форм микромикетов чаще всего выявляли оппортунистические грибы, принадлежащие к родам *Penicillium*, *Aspergillus* и *Mycelia* (табл. 1).

Таблица 1. Видовой и количественный состав микромикетов в водопроводной воде (усредненные данные за период наблюдения)

Место отбора пробы воды (2016 год)	<i>Aspergillus</i> spp	<i>Penicillium</i> spp	<i>Candida albicans</i>	<i>Mycelia sterilia</i>	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	<i>Rhizopus arrhizus</i>	<i>Rhodotorula glutinis</i>	Общее число
	КОЕ/100 см ³							
Святошинский район, период эксплуатации труб – 25-40 лет								
ул. Подлесная, 6	–	–	23	1	–	–	1	25
бульв. Вернадского, 42	–	8	12	–	–	–	–	20
Соломянский район, период эксплуатации труб – 35-45 лет								
ул. Героев Севастополя, 13	1	–	3	–	–	–	1	5
ул. Э. Потье, 9	–	2	10	–	–	–	–	12
Дарницкий район, период эксплуатации труб – 55-65 лет								
ул. Волго-Донская, 62	–	–	3	–	–	–	–	3

Следует отметить, что микроскопические грибы присутствуют и в поверхностных водоемах, однако количественный показатель этих видов в водопроводной воде ниже. Так, если концентрация грибов рода *Candida* в реке Днепр составляет $1 \cdot 10^5$ КОЕ/100 см³, то в водопроводной воде этот показатель изменяется в пределах от 1 до 50 КОЕ/100 см³. Количество мицелиальных видов грибов в воде реки Днепр колеблется в пределах от 15 до 25 КОЕ/100 см³, тогда как для водопроводной воды г. Киева это значение меняется от 1 до 10 КОЕ/100 см³. При этом в обоих случаях выявлены роды *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium* и *Mycelia*, устойчивые к действию дезинфектантов и имеющие токсикогенные, аллергенные и мутагенные свойства [7, 8]. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о повсеместном наличии и количественном превосходстве *Candida albicans* как в поверхностных источниках водоснабжения, так и в водопроводной воде.

Известно, что *C. albicans* может повреждать стенку кишечника, вызывая при этом как психические (депрессию, беспокойство, снижение памяти и концентрации внимания, раздражительность), так и физические (боли в животе, нарушения стула, головные и суставные боли, синуситы, циститы, чувство "разбитости", чувствительность к отдельным продуктам, тягу к сладкому и алкоголю, др.) симптомы. При активном размножении *C. albicans* может быть причиной специфической бронхиальной астмы, дерматита, крапивницы. Примерно в 17% случаев кандиды обнаруживается в гастродуоденальных язвах, в 35% – при язвенном колите и болезни Крона, в 50% – при фибромиалгии, в 70% – при аутизме. При тяжелых формах *C. albicans* может поражать мозговые оболочки или клапаны сердца [9].

На протяжении многих лет для оценки качества обеззараживания воды используют санитарно-показательный микроорганизм *E. coli*. Однако, нами установлено, что микроскопические грибы рода *C. albicans*, повсеместно выявляемые из водораспределительных сетей, являются более устойчивыми к существующим методам обеззараживания. Так, инаktivация одного порядка культуры *E. coli* с исходным количеством $1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³ достигается при концентрации NaOCl 0,1 мг/дм³, тогда как для дрожжеподобных грибов *C. albicans* такая степень инаktivации наблюдается при 2 мг/дм³ за аналогичное время контакта. Установлено, что доза растворенного в воде озона, необходимая для инаktivации четырех порядков культуры *E. coli*, составляет 0,4 мг/дм³, тогда как для *C. albicans* эта степень обеззараживания достигается при дозе поглощенного озона 3 мг/дм³ (табл. 2).

Таблица 2. Влияние доз ($D_{гр}$) и времени контакта (t) на обеззараживание культур

t , мин.	$D_{гр}$, мг/дм ³	КОЕ/см ³	
		<i>Candida albicans</i>	<i>Escherichia coli</i>
0	0	47000	32000
1,3	0,955	54	0
2	1,645	20	0
3	2,895	3	0
5	5,086	0	0
10	9,370	0	0

Доза УФ-излучения, необходимая для инаktivации одного порядка грибов *C. albicans*, составляет 24 мДж/см², в то время как для санитарно-показательного микроорганизма *E. coli* она равна 5 мДж/см².

Таким образом, показано, что *C. albicans* обладает более высокой резистентностью к дезинфектантам, таким как хлор, озон и УФ-излучение, по сравнению с санитарно-показательным микроорганизмом *E. coli*.

Причинами такой устойчивости *C. albicans* могут быть особенности строения её клетки. Дрожжевая клетка окружена довольно толстой клеточной стенкой. В химический состав стенки входят 60–90% полисахаридов (гемицеллюлозы, состоящие из равных

количеств глюкоза и маннана), 3–10% липидов, 10–25% белков, 7–9% минеральных веществ, 0,5–3 % хитина. В отличие от бактериальных клеток, внутренние структуры дрожжеподобной клетки, а именно мезосомы, рибосомы, нуклеоид имеют мембраны, отграничивающие их от цитоплазмы и тем самым делают клетку более устойчивой [10].

Выводы. Таким образом, принимая во внимание широкое распространение грибов рода *Candida* как в поверхностных источниках водоснабжения, так и в водопроводной воде, а также учитывая их устойчивость к существующим методам обеззараживания в сравнении с санитарно-показательной культурой *E. coli*, возникает необходимость использования ее в качестве нового тест-объекта для оценки качества обеззараженной воды.

THE NEW TEST OBJECT FOR EVALUATING THE QUALITY OF DISINFECTED WATER

O. S. Bolgova, M. N. Saprykina, V. V. Goncharuk

Institute of Colloid Chemistry and Water Chemistry named by A.V.Dumansky of the NAS of Ukraine, Kyiv

e-mail: saprikinam@yandex.ua

Monitoring of water sources and tap water in Kiev was conducted. It was found that the fungi of Candida genus are ubiquitous. It is shown that these microscopic fungi are more resistant to various disinfectants compared to sanitary indicative microorganism Escherichia coli. A new test object for evaluating the quality of purified water is proposed.

Keywords: water, monitoring, disinfection methods, test object for evaluating the quality of disinfected water.

НОВИЙ ТЕСТ-ОБ'ЄКТ ДЛЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЗНЕЗАРАЖЕНОЇ ВОДИ

О. С. Болгова, М. М. Саприкіна, В. В. Гончарук

Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАНУ, м. Київ

e-mail: saprikinam@yandex.ua

Проведено моніторинг джерел водопостачання та водопровідної води м. Києва. Встановлено, що гриби роду Candida зустрічаються повсюдно. Показано, що ці мікроскопічні гриби більш стійкі до дії різних дезінфектантів у порівнянні з санітарно-показовим мікроорганізмом Escherichia coli. Запропоновано новий тест-об'єкт для оцінки якості знезараженої води.

Ключові слова: вода, моніторинг, методи знезараження, тест-об'єкт для оцінки якості знезараженої води.

Список литературы

1. ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною." Наказ МОЗ України № 400 від 12.05.2010. [DSanPIN 2.2.4-171-10 'Gigienichni vymogy do pytnoi vodu, pryznachenoї dla spogyvannay ludynouy']
2. МВ 10.2.1-113-2005. Санітарно-мікробіологічний контроль якості питної води. Методичні вказівки. Наказ МОЗ України № 60 від 03.02.2005 [MV 10.2.1-113-2005. Sanitarno-mikrobiologichnyi control yakosti pytnoi vodu. Methodychni vkazivky. Nakaz MOZ Ukrainy № 60 від 03.02.2005]

3. ДСТУ 7487:2013 Якість води. Метод визначення мікроміцетів у воді. – Київ.: Мінекономрозвитку України, 2014. — 10 с. [DSTU 7487:2013 Yakist vody. Metod vuznachennia micromicetiv u void. — Kyiv.: Mineconomrozvytku Ukrainy, 2014. — 10 с.]
4. Гончарук В. В., Руденко А. В., Савлук О. С., Сапрыкина М. Н. Микромицеты в источниках водоснабжения и водопроводной воде // Вода: гігієна та екологія. — 2013. — № 2(1). — С. 34—48.
5. Gromadzkaa K., Waskiewiczza A., Golinskia P., Swietlikb J. Occurrence of estrogenic mycotoxin – Zearalenone in aqueous environmental samples with various NOM content // Water research. — 2009. — 43. — 1051—1059.
6. Gray M. Molds and mycotoxins: beyond allergies and asthma // Altern. Ther. Health Med. — 2007. — 13, № 2. — P.146—152.
7. Руденко А. В., Савлук О. С., Сапрыкина М. Н. и др. // Химия и технология воды. — 2011. — 33, № 5. — С. 541—550.
8. Гончарук В. В., Руденко А. В., Савлук О. С. и др. // Доповіді НАН України. — 2008. — № 11. — С. 187—191.
9. <http://www.childneurologyinfo.com/health-text-diseases12.php>
10. Клеточная стенка грибов [электронный ресурс]: — Режим доступа до журн. — <http://ru.wikipedia.org>. [kletochnaia stenka gribov [elektronnyi resurs]]: — Regym dostupu do gurnalu. — <http://ru.wikipedia.org>.]