

ВОДА КАК ИСТОЧНИК РАСПРОСТРАНЕНИЯ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ

М.Н. Сапрыкина*¹, А.В. Руденко², Н.М. Макодай¹, В.В. Гончарук¹

1- Институт коллоидной химии и химии воды им. А.В. Думанского НАН Украины, г. Киев
2- Институт урологии АМН Украины, г. Киев, Украина

e-mail: saprikinam@yandex.ru

*Обнаружено наличие оппортунистических микромицетов в поверхностных водоемах и водопроводной воде. Показано присутствие грибов рода *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium* как в поверхностных водах (в количестве от 3 КОЕ/100 см³ до 10 КОЕ/100 см³), так и в водопроводной воде (от 2 КОЕ/100 см³ до 5 КОЕ/100 см³). Отмечено доминирование дрожжеподобных форм микромицетов, а именно: *Candida albicans*, *Rhodotorula glutines* и т.п. в пределах от 1·10² КОЕ/100 см³ до 1·10⁵ КОЕ/100 см³ в поверхностных водоемах и до 50 КОЕ/100 см³ - в водопроводной воде. Установлено влияние температуры, органических веществ на количественный рост микромицетов.*

Ключевые слова: поверхностные воды, водопроводная вода, мониторинг, микромицеты, санитарно-показательные микроорганизмы.

Введение

Проблема обеспечения населения качественной и безопасной для здоровья питьевой водой является важной особенно в связи со значительным ухудшением экологического состояния поверхностных источников водоснабжения и ослаблением иммунитета населения вследствие аварии на ЧАЭС.

В последнее время большое внимание уделяется наличию в воде микроскопических грибов – микромицетов, которые способны вызывать ряд заболеваний при попадании в организм человека [1]. До недавнего времени считалось, что грибы попадают в организм человека из воздуха или при непосредственном контакте с контаминированными предметами. Однако, в последних исследованиях показан высокий коэффициент корреляции между микотическими повреждениями внутренних органов человека и загрязнениями соответствующими патогенами источников водоснабжения [2]. Беспокойство вызывает также информация об обнаружении оппортунистических грибов в воде распределительных систем, в том числе в виде высокостойких спорных форм [3], в связи с чем возникает необходимость проведения мониторинга наличия оппортунистических грибов в поверхностных источниках водоснабжения и водопроводной воде Украины.

Методика эксперимента

Пробы воды поверхностных источников водоснабжения и водопроводных сетей для исследования отбирали общепринятым методом [4, 5], в специально предусмотренные для такого отбора стерильные флаконы вместимостью не менее 250 см³ с плотно притертыми пробками.

Исследование на наличие грибов осуществляли сразу после отбора пробы воды. Воду объемом 10 и 100 см³ фильтровали через мембранные фильтры с величиной пор 0,45 мкм, которые после фильтрования помещали на среду Сабуро с дихлораном [6]. Чашки с фильтрами инкубировали в термостате при температуре (27±1)°С на протяжении 7 суток. Идентификацию грибов проводили согласно [7]. Параллельно осуществляли определение санитарно-показательных микроорганизмов в соответствии с [8].

Результаты и их обсуждение

Днепр – основной источник водоснабжения городов, сел и промышленных центров. По результатам анализа воды проведенных исследований установлено ухудшение отдельных ее показателей, как в притоках Днепра, так и в самой воде реки Днепр. Ежегодно в весенне-летний период происходит резкое снижение концентрации растворенного кислорода в воде Киевского и Каневского водохранилищ, возрастает содержание марганца, железа и наблюдается высокое органическое загрязнение воды [9]. Ухудшающееся состояние рек Днепроовского бассейна по химическим показателям отражается на количественном и видовом составе грибов.

В табл. 1 приведены данные определения численности микроскопических грибов в различных поверхностных водоемах г. Киева и Киевской области. Установлено, что во всех пробах воды определялось от $1 \cdot 10^2$ КОЕ/100 см³ до $1 \cdot 10^5$ КОЕ/100 см³ различных дрожжеподобных грибов, в то время как мицелиальных грибов обнаружено от 3 КОЕ/100 см³ (р.Десна) до 10 КОЕ/100 см³ (р. Припять). Наиболее часто встречающиеся грибы относятся к родам *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium*, многие виды которых известны как возбудители микозов и оппортунистических инфекций [10].

Таблица 1. Микробиоты водоемов г. Киева и Киевской области

Место отбора пробы воды	<i>Candida albicans</i>	<i>Rhodotorula glutines</i>	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Penicillium spp.</i>	<i>Cladosporium spp.</i>	<i>Alternaria alternata</i>	<i>Mycelia sterilia</i>	<i>Aureobasidium pullulans</i>	<i>Rhizopus arrhizus</i>	<i>Fusarium spp.</i>	<i>Trichoderma viride</i>
	КОЕ/100 см ³										
р. Днепр, Вышгород	$1 \cdot 10^2$	30	1		2	1	10		10	1	
Киевское море	$1 \cdot 10^5$	98			5	10		10			
р.Десна, Осещина	$1 \cdot 10^2$	55	1		1				1		
р. Припять	$1 \cdot 10^2$	22	1	4	5	1					
р.Рось, Белая Церковь	$1 \cdot 10^2$	30	5	1			1				
р.Буча, Буча	$1 \cdot 10^2$	53	5	1			1				
Бородянка, озеро	$2 \cdot 10^3$	108			5		1				1
Черняхов, озеро	$1 \cdot 10^2$	30		1	1		15				

Также проведен микологический анализ воды, отобранной в районе водозаборов разных городов Украины. Из таблицы 2 следует, что видовой и количественный показатели микробиоты в поверхностных источниках водоснабжения, отобранных в разных городах Украины, мало отличаются друг от друга. Среди выявленных видов грибов доминировали дрожжеподобные виды *Candida albicans*, *Rhodotorula glutines*. Отмечено наличие таких мицелиальных видов как *Aspergillus niger*, *Penicillium spp.*, *Cladosporium spp.*

Таблица 2. Микромицеты воды поверхностных источников водоснабжения, отобранной в районе водозаборов разных городов Украины

Город	Candida albicans	Rhodotorula glutines	Aspergillus niger	Penicillium spp.	Cladosporium spp.	Alternaria alternata	Mycelia sterilia	Aureobasidium pullulans	Rhizopus arrhizus	Fusarium spp.	Trichoderma viride
	КОЕ/100 см ³										
Киев	100	50		1	10		1		10	1	1
Чернигов	1·10 ³	30	1					1		2	
Ивано-Франковск	80			5							
Одесса	120		10		4		1				
Сумы	210	60									
Симферополь	130	20	3		10		1		10		
Запорожье	170	10		1	2	1	2				
Днепропетровск	140	10		1	1		3				
Донецк	120			1	2						
Луцк	100	5					1				
Тернополь	110		2		4		2				
Винница	100				1		1				

Однако установлено, что количественный и видовой показатели микромицетов в воде одной реки несколько отличаются в зависимости от места отбора пробы. Так, вода р. Дунай, отобранная в районе водозабора станций водоподготовки, содержала *Candida albicans* – 120 КОЕ/ 100 см³, *Aspergillus niger* – 10 КОЕ/ 100 см³, *Cladosporium spp.* – 4 КОЕ/ 100 см³, *Mycelia sterilia* – 1 КОЕ/ 100 см³, тогда как пробы воды той же реки, отобранные в местах отдыха людей содержали *Candida albicans* – 1·10³ КОЕ/ 100 см³, *Aspergillus niger* – 5 КОЕ/ 100 см³, *Penicillium spp.* – 5 КОЕ/ 100 см³, *Mycelia sterilia* – 7 КОЕ/ 100 см³. Из приведенного следует, что количество микромицетов, выделенных в зоне отдыха людей, на порядок превышает их количество в районе водозабора. Очевидно, это связано с тем, что традиционно водозаборы станций водоподготовки строят на песчаных участках реки. Полученные данные можно связать с тем, что для нормальной жизнедеятельности микромицетов необходимо в общем два фактора: наличие питательных веществ (в песке их количество невелико), а также возможность крепиться к различным поверхностям для дальнейшего роста и развития.

Как видно из таблицы 3, в пробах воды, отобранных из реки Днепр ниже Киева (с. Бортнички), выделено значительно большее количество мицелиальных грибов, чем в районе Вышгорода и водозабора Днепропетровской водопроводной станции. Обращает внимание также тот факт, что грибов в сентябре определяется значительно больше, чем в августе, при температуре воды 26 °С, а в сентябре 16-18 °С. За период с августа по ноябрь не выявлено особых различий в видовом спектре грибов. В основном выделяли представителей родов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium* и др.

Таблица 3. Микромицеты в пробах воды реки Днепр выше и ниже г. Киева (глубина отбора проб 0,5 м от поверхности воды)

Место отбора проб	Время отбора проб воды	
	август	сентябрь
	КОЕ/100 см ³	
Вышгород	10	20
Киев (водозабор Днепровской водопроводной станции)	15	30
Бортничи, 10 км ниже с.Бортничи	30	50

Предварительно в лабораторных условиях, на примере *Aspergillus niger*, проведены исследования по определению влияния температуры на жизнедеятельность микромицетов. Обнаружено снижение количественного показателя культуры в воде реки Днепр при температуре воды (t) 22 °С на порядок, при t=5 °С - на 1,5 порядка, а при t=37 °С - на два порядка через 2,5 месяца наблюдений. Полученные результаты свидетельствуют о том, что температура имеет определенное влияние на рост и развитие микромицетов, что может объяснить снижение количества мицелиальных форм микромицетов в жаркий период года (рис.1).

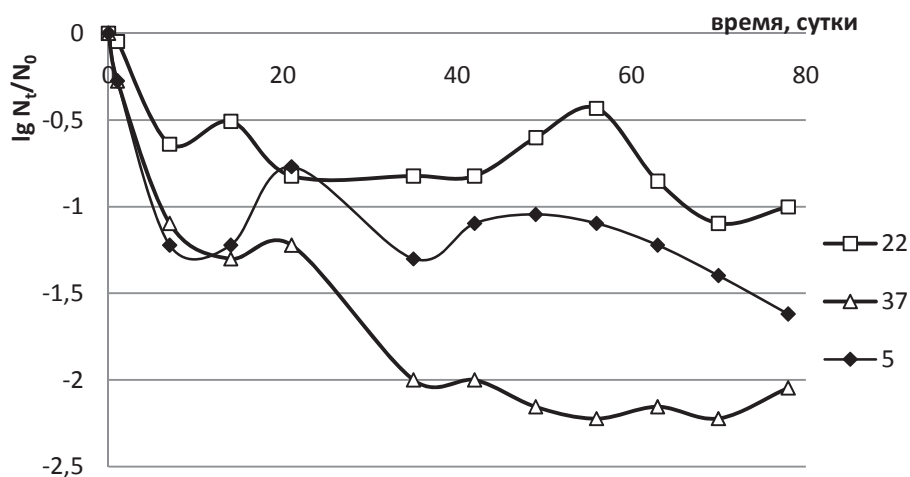


Рис.1. Зависимость изменения количества микромицетов *Aspergillus niger* в воде при различной температуре от периода наблюдения.

Принимая во внимание опасность как самих микроскопических грибов, обнаруженных в источниках водоснабжения, так и продуктов их жизнедеятельности, на примере города Киева исследовано наличие этих микроорганизмов в водопроводной воде, поступающей к потребителю.

Забор проб производили в Деснянском, Соломенском, Дарницком и Оболонском административных районах г. Киева. Воду отбирали из водопроводной сети в точках, рекомендованных Киевводоканалом, отличающихся продолжительностью эксплуатации трубопроводов. Срок эксплуатации составлял 25 лет (детсады на ул. Бальзака, 86-а и ул. Сабурова, 5), 30-40 лет (аптека на ул. Героев Севастополя, 44/10 и помещения РЭВС (район эксплуатации водопроводной сети) по ул. Монтажников, 97 (РЭВС-10) и пр. Героев Сталинграда, 12-а (РЭВС-7)) и 50-60 лет (по ул. Ревуцкого, 5-а (РЭВС-4)).

Обнаружено наличие микромицетов во всех пробах воды, независимо от срока эксплуатации трубопроводов, а также от места отбора, усредненное количество которых составляет 8 - 18 КОЕ/100 см³, при этом доминируют дрожжеподобные формы. Наивысшее количество грибов рода *Candida* выявлено в Соломенском районе. Среди мицелиальных форм микромицетов чаще всего встречаются оппортунистические грибы, принадлежащие к родам *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium* и *Fusarium* (табл. 4).

Таблица 4. Видовой и количественный состав микромицетов в водопроводной воде (усредненные данные за восемь месяцев наблюдения)

Место отбора пробы воды	<i>Candida albicans</i>	<i>Rhodotorula spp.</i>	<i>Aspergillus spp.</i>	<i>Penicillium spp.</i>	<i>Cladosporium spp.</i>	<i>Alternaria spp.</i>	<i>Fusarium spp.</i>	<i>Mycelia sterilia</i>	<i>Rhizopus arrhizus</i>	<i>Triphoderma viride</i>	Сумарне середнє кількісне значення
	КОЕ/100 см ³										
Деснянский район, период эксплуатации труб – 25 лет											
ул. Бальзака, 86-а	5	1	1	2	1				1		11
ул. Сабурова, 5-а	6	2		2							10
Соломянский район, период эксплуатации труб – 30-40 лет											
ул. Героев Севастополя, 44/10	15	1		1	1						18
ул. Монтажных 97	8			1	1	1		1			12
Оболонский район, период эксплуатации труб – 40 лет											
пр. Героев Сталинграда, 12-а	4			2	1			1		1	9
Дарницкий район, период эксплуатации труб – 50-60 лет											
ул. Ревуцкого, 5-а	4	1		1				1		1	8

Таким образом, в водопроводной воде присутствуют микромицеты, которые выявлены в поверхностных источниках водоснабжения города Киева [11]. Однако количественный показатель этих видов в водопроводной воде значительно ниже, особенно это касается дрожжевых форм. Так, если среднее значение грибов рода *Candida* в реке Днепр составляет от 1·10² до 1·10⁵ КОЕ/100 см³, то количественный показатель для данного вида в водопроводной воде изменяется в пределах от 1 до 50 КОЕ/100 см³. Однако, несмотря на незначительное общее количество микромицетов в водопроводной воде, среди них обнаружены роды *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium* и *Fusarium*, которые имеют токсикогенные, аллергенные и мутагенные свойства.

Одновременно с мониторингом микромицетов водопроводной воды г. Киева также проведен анализ воды по микробиологическим показателям согласно ГОСТ Р 51232-98

"Вода питьевая". Определялись санитарно-показательные бактерии, которые развиваются при (22 ± 1) °С. Рост числа этих бактерий свидетельствует либо об ухудшении санитарно-гигиенического состояния системы водоподготовки или водоснабжения, либо о появлении источника загрязнения, либо о возникновении условий для вторичного размножения микроорганизмов. Установлено, что в течение периода наблюдения, независимо от места отбора проб воды, не наблюдалось отклонение микробиологических показателей от допустимых норм.

Таким образом, использование микробиологических показателей, а именно наличия санитарно-показательных микроорганизмов, с целью контроля присутствия в воде микромицетов не представляется возможным.

Полученные результаты убедительно свидетельствуют о необходимости разработки нормативных документов для контроля микромицетов в воде и установок для их извлечения из воды непосредственно на месте ее потребления населением.

Выводы

Таким образом, результаты проведенных исследований мониторинга микромицетов в поверхностных водоемах и водопроводной воде Украины позволяют сделать следующие выводы:

1. Микроскопические грибы повсеместно определяются в поверхностных водоемах, при этом преобладают дрожжеподобные грибы рода *Candida spp.* (от десятков до сотен тысяч КОЕ в 100 см^3). Среди мицелиальных грибов доминировали роды *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Alternaria*.
2. Показано, что количество и видовой состав микромицетов зависит от места отбора проб воды. Так, в воде фарватера реки, в песчаном дне микроскопических грибов выявлено значительно меньше, чем в заливах и местах с незначительным течением. Особенно большое количество микромицетов выявлено в Киевском море в местах с иловым дном и при наличии растительных остатков.
3. Сброс сточных вод г. Киева после их очистки в районе с. Бортнички в реку Днепр приводит к повышению количества микромицетов, при этом увеличивается количество не только дрожжеподобных грибов, таких как *Candida albicans*, *Rhodotorula glutinis*, но и мицелиальных грибов, а именно *Cladosporium cladosporioides*, *Penicillium multicolor*, *Alternaria alternate*, *Aspergillus niger* и др.
4. Период эксплуатации распределительных сетей (20, 30, 50, 60 лет) не влияет на количественный показатель микромицетов в водопроводной воде, который колеблется от 8 до 18 КОЕ/ 100 см^3 . Установлено наличие в водопроводной воде г. Киева видов микромицетов, которые имеют токсикогенные, аллергенные и мутагенные свойства, а именно: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium* и *Fusarium*.
5. Отсутствие корреляции между содержанием санитарно-показательных микроорганизмов и содержанием микромицетов в воде, свидетельствует о необходимости проведения отдельных микологических исследований воды для оценки ее качества.

ВОДА ЯК ДЖЕРЕЛО РОЗПОВСЮДЖЕННЯ МІКРОСКОПІЧНИХ ГРИБІВ

М.М. Саприкіна¹, А.В. Руденко², Н.М. Макодай¹, В.В. Гончарук¹

1- Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України, м. Київ

2- Інститут урології АМН України, м. Київ

e-mail: saprikinam@yandex.ru

Виявлено опортуністичні мікроміцети в поверхневих водоймах та водопровідній воді. Показано присутність грибів роду Penicillium, Aspergillus, Alternaria, Cladosporium як в

поверхневих водоймах, в межах від 3 КУО/100 см³ до 10 КУО/100 см³, так і у водопровідній воді, численність котрих коливається від 2 КУО/100 см³ до 5 КУО/100 см³. Відмічено домінування дріжджеподібних форм мікроміцетів, а саме *Candida albicans*, *Rhodotorula glutines* і т.п. в межах від 1·10² КУО/100 см³ до 1·10⁵ КУО/100 см³ в поверхневих водоймах і до 50 КУО/100 см³ в водопровідній воді. Встановлено вплив температури, органічних речовин на кількісний ріст мікроміцетів.

Ключові слова: поверхневі води, водопровідна вода, моніторинг, мікроміцети, санітарно-показові мікроорганізми.

WATER AS A SOURCE OF DISTRIBUTION OF MICROSCOPIC FUNGI

M.N. Saprykina¹, A.V. Rudenko², N.M. Makoday¹, V.V. Goncharuk¹

1- Institute colloid chemistry and chemistry of water of A.V.Dumansky NAN Ukraine, Kiev

2- Institute urology AMN Ukraine, Kiev, Ukraine

e-mail: saprikinam@yandex.ru

Presence of opportunistic micromycetes in superficial reservoirs and water distribution networks is revealed. Presence of fungi of species Penicillium, Aspergillus, Alternaria, Cladosporium as in superficial waters, in quantity from 3 cfu/100 sm³ to 10 cfu/100 sm³, and in the water distribution networks which number fluctuates from 2 cfu/100 sm³ to 5 cfu/100 sm³ is shown. Predominant yeast-like micromycetes such as Candida albicans, Rhodotorula glutines, etc. in limits from 1·10² cfu/100 sm³ to 1·10⁵ cfu/100 sm³ in superficial reservoirs and to 50 cfu/100 sm³ in water distribution networks is noted. Influence of temperature, organic substances on quantitative growth micromycetes is established.

Keywords: superficial waters, water distribution networks, monitoring, micromycetes, sanitary-indicative microorganisms.

Список литературы:

1. Аак О.В. Аллергены грибов. Особенности микогенной сенсбилизации (обзор) // Пробл. мед. микологии. — 2005. — Т. 7, № 2. — С. 12 — 16.
2. Гончарук В.В. Проблема инфицирования воды возбудителями микозов и перспективы ее решения / В.В. Гончарук, А.В.Руденко, Э.З.Коваль, О.С. Савлук // Химия и технология воды. — 2004. — т.26. — №2. — С. 120 — 144.
3. Hageskal G. Occurrence of moulds in drinking water / Hageskal G., Gaustad P., Heier V.T., Skaar I. J. // Appl. Microbiol. — 2007. — № 102. — P. 774 — 780.
4. ДСТУ 4808: 2007. Джерела централізованного питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання
5. МР 10.10.2.1-169-2010. Санітарно-мікологічні дослідження питної води. — К.: Україна. — 2010.
6. ПАТЕНТ N 92088 Гончарук В.В., Руденко А.В., Савлук О.С., Саприкін М.М., Потапченко Н.Г., Косінова В.М. Заявка N а 2009 00259 Спосіб виявлення мікроміцетів у воді, Опубл. 27.09.2010, Бюл. № 18.
7. Саттон Д. Определитель патогенных и условно патогенных грибов / Саттон Д., Фотергилл Ф., Ринальди М. // — М.: Мир, 2001. — 468 с.
8. ГОСТ Р 51232-98 "Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества"
9. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання України у 2009 році. — К.: Міністерство з питань житлово-комунального господарства України., 2010. — 567 с.

10. *G. Hageskal* Diversity and Significance of Mold Species in Norwegian Drinking Water / G. Hageskal, A. K. Knutsen, P. Gaustad [et al.] // *Appl. Environ. Microbiol.* — 2006. — V. 72, № 12. — P. 7586 — 7593.
11. *Руденко А.В.* Микромицеты в воде р. Днепр / Руденко А.В., Савлук О.С., Сапрыкина М.Н.и др. // *Химия и технология воды.* — 2011. — 33, № 5. — С. 541 — 550.