



САПРИКІНА

Марія Миколаївна –

кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
Інституту колоїдної хімії
та хімії води ім. А.В. Думанського
НАН України,
saprikinam@yandex.ru

УДК 628.16.08+582.288

ВОДОПРОВІДНА ВОДА – НОВА ЗАГРОЗА ЗДОРОВ'Ю ЛЮДЕЙ

За матеріалами наукового повідомлення
на засіданні Президії НАН України
7 травня 2014 року

*Здійснено комплексний аналіз води джерел водопостачання та водорозподільної мережі, виділено типових представників мікроскопічних грибів, серед яких переважали роди *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Paecilomyces*, *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Candida* та ін. Розроблено метод виявлення мікроміцетів у воді. Проведено оцінювання ефективності різних етапів очищення води щодо мікроміцетів на станції водопідготовки. Встановлено причину наявності мікроміцетів у водопровідній воді, що надходить до споживача. Оцінено ефективність класичних методів знезараження та очищення води щодо мікроміцетів. Запропоновано технологічну схему очищення води від мікроміцетів, що ефективно видаляє ці мікроорганізми з води і може бути рекомендована для практичного використання.*

Ключові слова: мікроміцети, метод виявлення, джерела водопостачання, водопровідна вода, хлорування, озонування, УФ-випромінювання, сорбція, коагулювання, технологія очищення.

Проблема знезараження води була і залишається надзвичайно важливою. Науково-технічний прогрес не лише не знизив актуальність цієї проблеми, а й спричинив різке погіршення екологічного стану навколишнього середовища в результаті промислово-господарської діяльності. Нині визначають усе нові й нові інфекційні агенти. Так, сотні раніше невідомих вірусів виявлено в питних і стічних водах, крім того, на сьогодні встановлено, що загальноприйнятий метод визначення якості питної води за наявністю кишкових мікроорганізмів не враховує живі, однак некультурабельні клітини *Escherichia coli*, які після очищення води потрапляють в організм людини. До того ж, у навколишньому середовищі значно поширені мікроміцети, які є невід'ємною частиною середовища існування людини, однак останнім часом вони усе частіше спричинюють тяжкі захворювання у людей з ослабленою імунною системою, ВІЛ-інфікованих хворих, пацієнтів у післяопераційний період.

Мікроскопічні гриби (мікроміцети) здатні викликати захворювання, які за симптоматикою нагадують рак, туберкульоз,

проказу. У відносно здорових людей вони можуть спричиняти алергічні реакції різного ступеня складності, а також виділяти токсичні речовини — мікотоксини. Вперше завдання щодо необхідності визначення та інактивації мікроміцетів у питній воді поставив академік НАН України В.В. Гончарук.

На сьогодні для виявлення мікроміцетів широко використовують низку живильних середовищ. Проте їх застосування у визначенні мікроміцетів, особливо з водних середовищ, має певні недоліки, зокрема, швидкозростаючі види грибів часто мають розгалужений міцелій, що перешкоджає визначенню повільнорослих видів. У зв'язку з цим нами вперше розроблено метод визначення мікроміцетів у воді, який включає використання живильного середовища Сабуро з додатковим внесенням до нього дихлорану. Обрано оптимальну концентрацію дихлорану — 2 мг/дм³. Встановлено, що при цьому утворюються окремі, невеликого розміру колонії досліджуваних мікроскопічних грибів, навіть на сьому добу спостереження (рис. 1).

Розроблені методичні рекомендації щодо визначення мікроміцетів у воді затверджено МОЗ України. Сьогодні підготовлено і затверджено державний стандарт України ДСТУ 7487:2013 «Якість води. Метод визначення мікроміцетів у воді». На основі розробленого методу визначення грибів у воді планується встановити гранично допустиму кількість мікроміцетів у воді.

Зважаючи на поширеність і небезпечність цих видів мікроорганізмів, проведено цикл робіт з визначення мікроміцетів у воді річок України. Встановлено, що в усіх пробах, незалежно від місця відбору, кількість дріжджоподібних видів грибів становить від 10² до 10⁵ КУО/100 см³, тоді як міцеліальних грибів виявлено до 50 КУО/100 см³. Найчастіше зустрічаються гриби, що належать до родів *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium*, відомих як патогенні, алергенні й токсикогенні види.

У зв'язку з наявністю патогенних представників мікроміцетів у поверхневих джерелах водопостачання доцільно оцінити процес видалення з води цих мікроорганізмів на станції

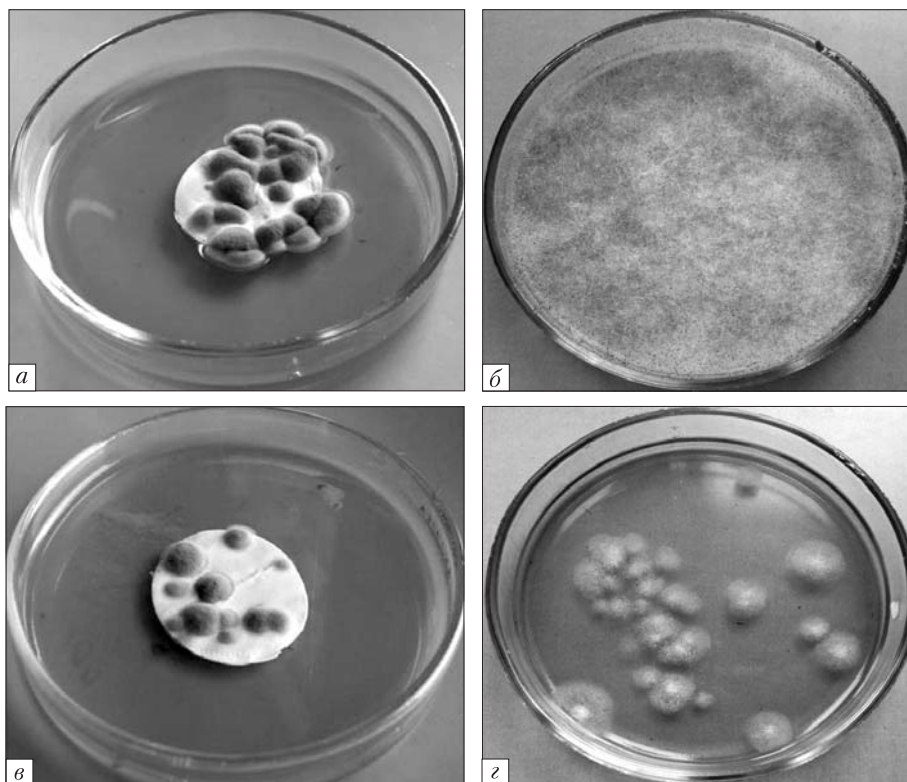


Рис. 1. Зовнішній вигляд колоній *Cladosporium cladosporioides* (а, б) і *Rhizopus arrhizus* (в, г), виділених після фільтрації води на фільтрах «Владипор» на середовищі Сабуро без (а, б) і з дихлораном (в, г)

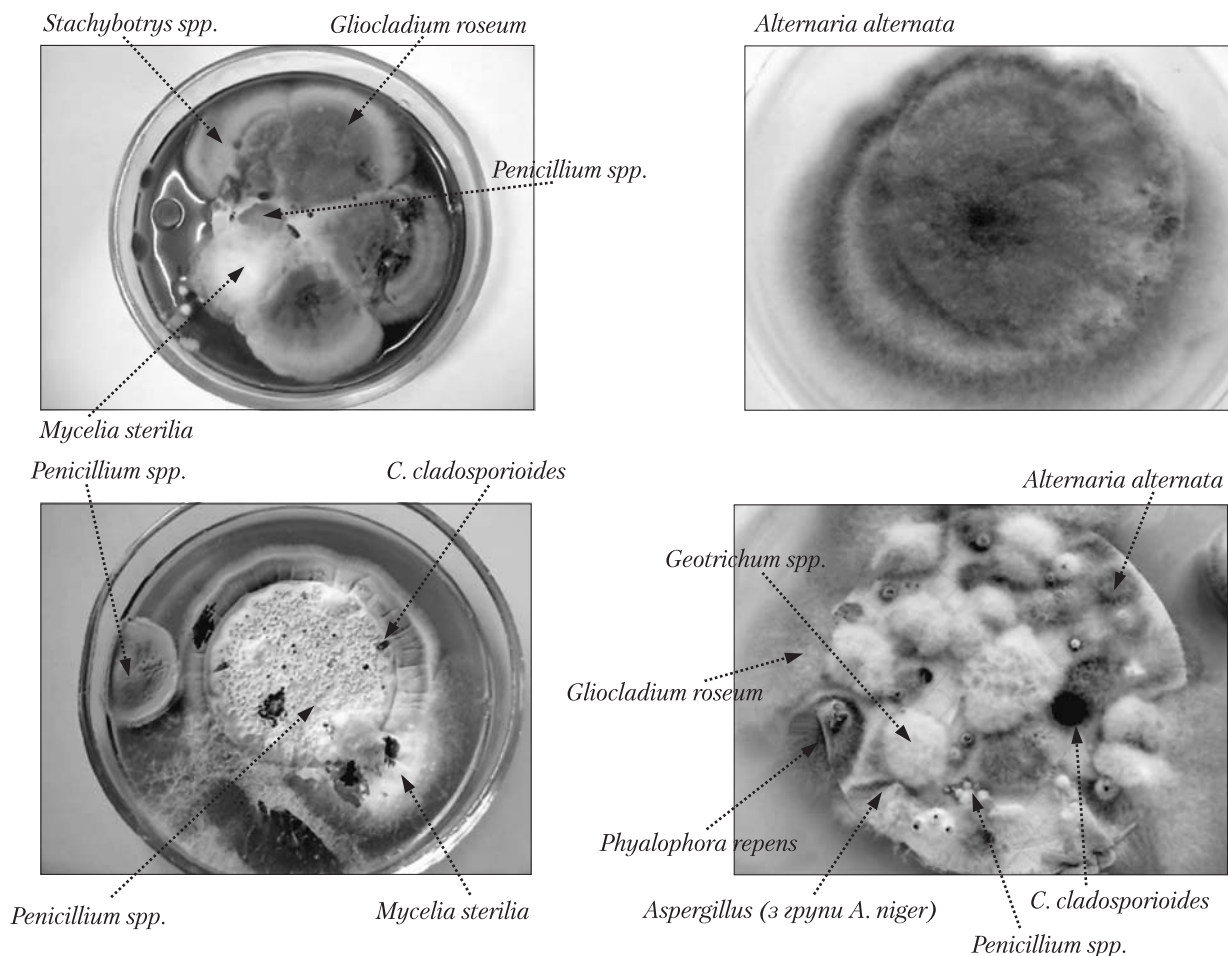


Рис. 2. Мікроміцети, виділені з водопровідної води м. Києва

водопідготовки. Так, проведено мікологічний аналіз зразків води, відібраних на різних етапах її підготовки на Дніпровській водоочисній станції м. Кременчук. Встановлено, що очищення води на станціях водоочищення та водопідготовки за мікологічним критерієм дозволяє видалити значну кількість грибів з води. Однак, незважаючи на це, споживач отримує неякісну водопровідну воду, що є результатом вторинного її забруднення у водогоні. Серед небезпечних для здоров'я людини видів мікроміцетів виявлено: *Aspergillus niger*, *Aspergillus parasiticus*, *Alternaria alternata*, *Cladosporium cladosporioides*, які здатні викликати аспергільоз, опортуністичні інфекції, респіраторні інфекції, пневмонії, кератити, гранульоми тощо.

З огляду на небезпеку не лише мікроскопічних грибів, а й продуктів їх життєдіяльності, на прикладі м. Києва досліджено наявність цих мікроорганізмів у водопровідній воді, що надходить до споживача. Протягом 7 місяців проби води відбирали з водопровідних кранів 2 житлових приміщень (проспект Науки і проспекту 40-річчя Жовтня). Встановлено, що незалежно від походження води в ній домінують окремі види, а саме: *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *Penicillium canescens*, *P. cyclopium*, *P. expansum*, *P. tardum*, тобто переважають представники двох родів — *Aspergillus* і *Penicillium*. Усього визначено 32 види мікроміцетів, які можуть безпосередньо впливати на здоров'я людини. З виявлених видів 35% належать до патогенів,

здатних забруднювати продукти харчування, змінювати органолептичні властивості води. Кількість мікроміцетів варіювалася в межах від 3 до 10 КУО/100 см³.

Протягом року проведено також моніторинг водопровідної води, відібраної в різних адміністративних районах м. Києва, що різняться періодом експлуатації водогонів, а саме: Деснянський – 25 років, Солом'янський – 30–40 років, Оболонський – 40 років, Дарницький – 50–60 років. Встановлено наявність грибів родів *Candida*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Aspergillus* у водопровідній воді (рис. 2). Середня кількість мікроміцетів коливається від 8 до 18 КУО/100 см³, серед них є збудники інфекційних захворювань, що свідчить про необхідність розроблення нормативних документів щодо мікологічного контролю води і технологій видалення мікроміцетів з води на місці її споживання (див. табл.).

Оцінювання впливу традиційних методів знезараження й очищення води від мікроміцетів показало низьку ефективність хлорування й озонування води. Ефективна доза таких реагентів

для інактивації мікроміцетів становить близько 10 мг/дм³, що призведе до зниження якості води, порушення нормальної роботи обладнання та підвищення вартості водоочищення. Що стосується оброблення води УФ-випромінюванням, то для видалення з води культури *Candida albicans* на один порядок доза УФ-випромінювання має становити 24 мДж/см², тоді як дози для санітарно показових мікроорганізмів, таких як *Escherichia coli* і *Bacillus subtilis*, дорівнюють 5 і 26 мДж/см² відповідно. Водночас для міцеліальних видів дози значно зростають. Так, для видалення з води *Aspergillus* і *Cladosporium* ефективна доза УФ-випромінювання становить 180 і 270 мДж/см² відповідно.

З метою створення простих і надійних методів очищення води від мікроміцетів було вирішено використовувати природну здатність цих мікроорганізмів до іммобілізації на різних поверхнях. Показано, що при фільтрації води через мезопористе кісточкове активоване вугілля (КАВ) і пісок Деснянської водопровідної станції досягається високий ступінь видалення *Candida albicans* з води.

Видовий і кількісний склад мікроміцетів у водопровідній воді (усереднені дані за період спостереження)

Місце відбору проби води	<i>Candida albicans</i>	<i>Rhodotorula</i> spp.	<i>Aspergillus</i> spp.	<i>Penicillium</i> spp.	<i>Cladosporium</i> spp.	<i>Alternaria</i> spp.	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Mycelia sterilia</i>	<i>Rhizopus arrhizus</i>	<i>Trichoderma viride</i>	Середнє значення
	КУО/100 см ³										
<i>Деснянський район, період експлуатації труб – 25 років</i>											
Вул. Бальзака, 86а	5	1	1	2	1	–	–	–	1	–	11
Вул. Сабурова, 5а	6	2	–	2	–	–	–	–	–	–	10
<i>Солом'янський район, період експлуатації труб – 30–40 років</i>											
Вул. Героїв Севастополя, 44/10	15	1	–	1	1	–	–	–	–	–	18
Вул. Монтажників, 97	8	–	–	1	1	1	–	1	–	–	12
<i>Оболонський район, період експлуатації труб – 40 років</i>											
Пр. Героїв Сталінграда, 12а	4	–	–	2	1	–	–	1	–	1	9
<i>Дарницький район, період експлуатації труб – 50–60 років</i>											
Вул. Ревуцького, 5а	4	1	–	1	–	–	–	1	–	1	8

Досліджено також ефективність видалення мікроміцетів з використанням коагулянтів, які широко застосовують у практиці водопідготовки. Використання алюмінію дигідроксо-сульфату (ДГСА) знижує вихідну кількість *Candida albicans* ($1,7 \cdot 10^5$ КУО/см³) на три порядки. Інтенсифікацію процесу коагуляційного очищення води від мікроміцетів проводили з використанням флокулянтів, на прикладі полідіалілдиметиламонію хлориду (ДБ-45). Внесення флокулянтів сприяє підвищенню ступеня видалення мікроміцетів з води, зменшенню дози коагулянтів і тривалості обробки. Так, у разі коагуляційного очищення води від *Candida albicans* ($1,5 \cdot 10^5$ КУО/см³) внесення 0,1 мг/дм³ ДБ-45 дає змогу вилучити 99,99% забруднення *Candida albicans* за концентрації ДГСА 6 мг/дм³ і тривалості контакту 60 хв. Отримані дані свідчать про доцільність інтенсифікації сорбційних процесів очищення води на станції водопідготовки.

У розвитку загальної ідеології — забезпечення населення доброякісною водою, запропонованої академіком НАН України В.В. Гончаруком, доочищення води слід здійснювати безпосередньо перед роздачею її споживачеві.

Зважаючи на високу ефективність фізико-хімічних процесів очищення води від мікроміцетів, а також з метою створення локальних водоочисних технологій, обрано метод електрокоагуляційного очищення води з подальшою сорбцією на зернистому завантаженні (фільтр АГ).

У зв'язку з цим розроблено електрокоагуляційну комірку, яка містить платинований титановий анод (ПТА) і катод з нержавіючої сталі. Крім того, додатково в корпусі комірки встановлено сталеві пластини, розміщені в одній площині з ПТА. Залізний коагулянт утворюється внаслідок розчинення металевих пластин в електричному полі анода і катода, а також їх часткового хімічного розчинення при взаємодії з продуктами електролізу, утвореними на інертному аноді. На запропоновану конструкцію комірки отримано патент України.

Комірку покладено в основу створення технології очищення води від мікроміцетів на

автономних об'єктах. Вона складається з розробленої електрокоагуляційної конструкції, фільтрувального матеріалу (АГ), а також вузла УФ-випромінювання. Технологію апробовано в Інституті урології НАМН України, де показано високий ступінь видалення мікроміцетів з води. На цю технологію одержано акт впровадження.

Отже, розроблено та затверджено метод визначення грибів у воді: ДСТУ 7487:2013 «Якість води. Метод визначення мікроміцетів у воді», на основі якого заплановано визначити гранично допустиму кількість мікроміцетів у воді.

Проведено моніторинг мікроскопічних грибів у поверхневих джерелах водопостачання. Встановлено повсюдну наявність мікроміцетів. При цьому домінують дріжджоподібні гриби роду *Candida spp.*, від десятків до сотень тисяч у 100 см³. Серед міцеліальних грибів переважають представники родів *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Alternaria*.

Здійснено визначення грибів на станції доочищення та встановлено зниження кількості мікроміцетів у процесі водопідготовки.

Проведено моніторинг мікроміцетів у водопровідній воді. Встановлено, що незалежно від терміну експлуатації трубопроводів, а також місця відбору проб середня кількість мікроміцетів становить 8–18 КУО/100 см³. Виявлено наявність представників родів *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium* та *Fusarium*, що є стійкими до дії дезінфектантів і мають токсикогенні, алергенні й мутагенні властивості. Отримані дані свідчать про вторинне забруднення води у водопровідних мережах.

Показано можливість розроблення підходів до вирішення проблеми знезараження води від будь-яких біологічних об'єктів з використанням мікроскопічних грибів як модельного об'єкта.

Доповідач висловлює велику подяку всім співавторам робіт, на основі яких зроблено цю доповідь, особливо акад. НАН України В.В. Гончаруку, д.б.н. А.В. Руденко, д.б.н. Е.З. Коваль, к.б.н. О.С. Савлук, м.н.с. В.М. Косіновій, А.П. Гічак (ІКХХВ НАН України).

М.Н. Сапрыкина

Институт коллоидной химии и химии воды им. А.В. Думанского НАН Украины
бульв. Акад. Вернадского, 42, Киев, 03680, Украина

ВОДОПРОВОДНАЯ ВОДА – НОВАЯ УГРОЗА ЗДОРОВЬЮ ЛЮДЕЙ

Проведен комплексный анализ воды источников водоснабжения и водораспределительных сетей, выделены типичные представители микроскопических грибов, среди которых доминировали роды *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Paecilomyces*, *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Candida* и другие. Разработан метод определения микромицетов в воде. Проведена оценка эффективности разных этапов очистки воды по отношению к микромицетам на станции водоподготовки. Установлена причина наличия микромицетов в водопроводной воде, поступающей к потребителю. Оценена эффективность классических методов обеззараживания и очистки воды по отношению к микромицетам. Предложена технологическая схема очистки воды от микромицетов, которая эффективно удаляет эти микроорганизмы из воды и может быть рекомендована для практического использования.

Ключевые слова: микромицеты, метод определения, источники водоснабжения, водопроводная вода, хлорирование, озонирование, УФ-излучение, сорбция, коагулирование, технология очистки.

М.М. Saprykina

Dumansky Institute of Colloid and Water Chemistry of NAS of Ukraine
42 Acad. Vernadskogo Blvd., Kyiv, 03680, Ukraine

TAP WATER – NEW THREAT TO HUMAN HEALTH

The complex analysis of water of sources of water-supply and water-distribution networks has been conducted, the typical representatives of microscopic fungi, among which prevailed species of *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Paecilomyces*, *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Candida* et al., have been selected. The method of determination of micromycetes in water has been developed. The estimation of efficiency of the different stages of water treatment has been conducted in relation to micromycetes at the water treatment plant. The cause of the presence of micromycetes in tap water supplied to the consumer has been set. Efficiency of classic methods of disinfestation and water treatment has been appraised in relation to micromycetes. The new technology of water treatment has been offered, which effectively removes these microorganisms from water and can be recommended for the practical use.

Keywords: micromycetes, method for determining, sources of water, tap water, chlorination, ozonation, UV radiation, sorption, coagulation, technology of remove.