



УДК 628.1+631.466

© 2008

Академік НАН України В. В. Гончарук, А. В. Руденко, О. С. Савлук,
Є. З. Коваль, М. М. Саприкіна

Мікроміцети в питній воді та шляхи її знезараження

Such microscopic fungi as Cladosporium cladosporioides, Aspergillus niger, Penicillium griseofulvum, and others are isolated from the pipe water of Kyiv and identified as a disease-causing agent. It is established that the methods of coagulation and flocculation under the developed treatment modes can provide the total disinfection of water from these pathogenic organisms.

Останнім часом багато авторів досліджують наявність мікроскопічних грибів у джерелах водопостачання та у питній воді. Ці мікроорганізми негативно впливають на здоров'я населення [1–3]. Встановлено, що мікроміцети викликають розвиток мікотичних інфекцій, а також продукують токсичні речовини — мікотоксини, що є причиною виникнення різних захворювань у людей. Так, наприклад *Aspergillus niger* виробляє охратоксин, патулін та інші, що викликають захворювання на аспергільоз, бронхіт, алергію; *Cladosporium cladosporioides* продукує мікотоксини, що є причиною дерматомікозів [4].

Мікроскопічні гриби здатні виживати при обробці води хлором [5], так J. Kelley з співавторами [6] дослідили, що концентрація хлору 10 мг/дм³ не забезпечує повного вилучення грибів з води. L. Nagy та B. Olson [7] виявили у хлорованій воді нитчасті гриби у кількості 1,8·10² КУО/дм³ (КУО — колонієутворювальна одиниця), а A. B. Gonçalves, R. Paterson, N. Lima [8] показали, що мікроміцети у кількості 10²–10³ КУО/дм³ викликають неприємний запах та присмак води.

Дослідження J. Kelley [6] свідчать, що водні системи можуть слугувати надійним і постійним джерелом транспортування патогенів до споживача. Захворювання на фузаріоз (Fusariosis) викликають мікроміцети роду *Fusarium*, резервуаром поширення яких була вода [9].

Інфікування людини може відбуватися різним чином, крім безпосереднього споживання води, потрапляння патогену в організм хазяїна можливе шляхом вдихання парів, що утворюються в душових та ваннах, а це, в свою чергу, викликає різноманітні легеневі захворювання [10].

Нами проведено комплекс досліджень по виділенню мікроміцетів з питної водопровідної води різних районів м. Києва, найбільш типовими представниками мікроскопічних

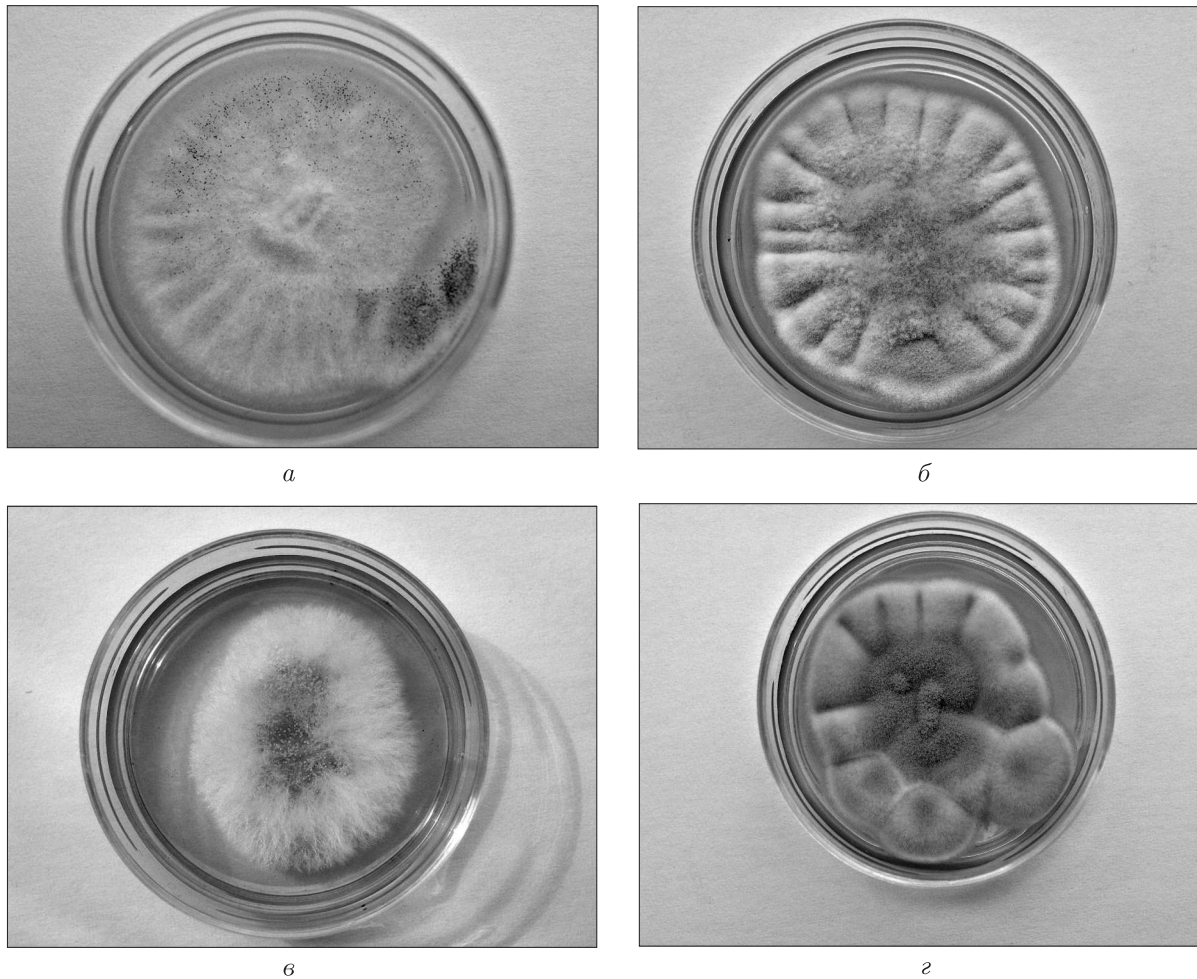


Рис. 1. Мікроміцети, виділені з водопровідної води м. Києва: а — *Aspergillus niger*; б — *Penicillium griscofulvum*; в — *Aspergillus ochraceus*; г — *Cladosporium cladosporioides*

грибів були: *Aspergillus niger*, *Aspergillus ochraceus*, *Penicillium griscofulvum*, *Cladosporium cladosporioides* (рис. 1).

Виділення грибів проводили з використанням модифікованого методу, описаного у роботі [11], на агаризованому середовищі Сабуро. Ідентифікація виділених мікроміцетів показала, що серед них зустрічаються представники мікроскопічних грибів, які викликають серйозні інфекційні захворювання. Таким чином, виникла нагальна потреба у розробці методів знезараження питної води від мікроміцетів. У зв'язку з тим, що застосування загально вживаних методів знезараження: хлор, озон, ультрафіолетове випромінювання потребує високих доз, у наших дослідках було зроблено спробу використати природну здатність грибів сорбуватися на різних поверхнях. Найбільш поширеними сорбційними методами, що використовуються в практиці водопідготовки, є методи коагуляції та флокуляції.

За тест-культури нами було вибрано *Candida albicans* 10 231, яку отримали з музею Інституту епідеміології інфекційних захворювань ім. А. В. Громашевського АМН України. *Candida albicans* — дріжджеподібний грибок, який часто зустрічається у хворих, а також вилучений нами з водопровідної води.

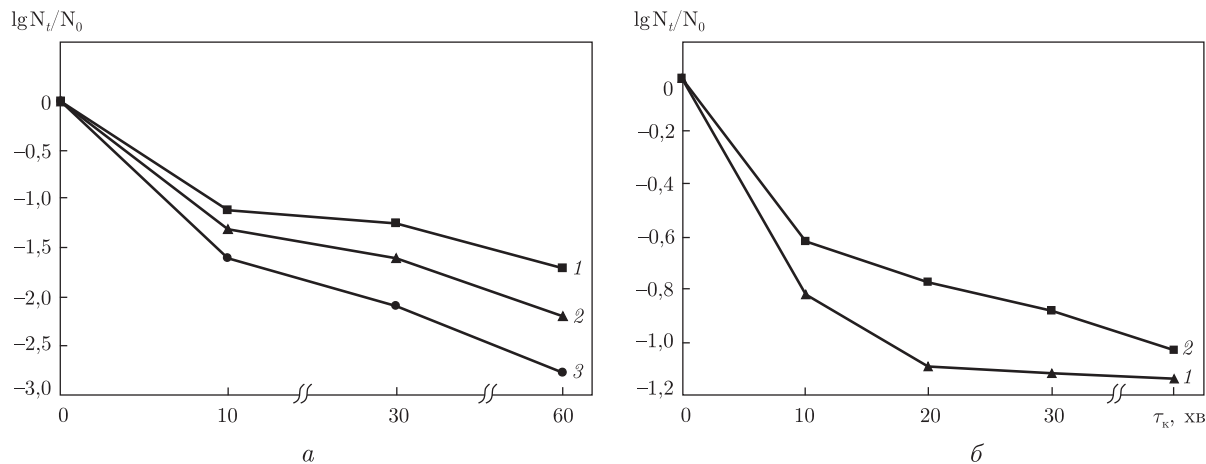


Рис. 2. Порівняння ефективності видалення *Candida albicans*: а — коагулянтами: АС (1), ОХА (2), ДГСА (3); б — флокулянтами: ДБ-45 (1), Валеус (2)

Як коагулянт використовували сульфат алюмінію (СА), дигідроксосульфат алюмінію (ДГСА) та основний хлорид алюмінію (ОХА), а як флокулянт — полідіалілдиметиламоній хлорид — ДБ-45, який на даний момент застосовується на станції водопідготовки м. Києва, а також Валеус — представник полігексаметиленгуанідинових основ (ПГМГ), застосування яких у процесі водопідготовки й на сьогодні має дискусійний характер [12].

Досліди проводили за такою методикою: тридобову бульйонну культуру (бульйон Сабуро) центрифугували зі швидкістю 5000 об/хв протягом 10 хв. Отриманий осад відмивали тричі в ізотонічному розчині натрію хлориду та ресуспендували у тому самому розчині до густини 10^7 КУО в 1 см^3 . Необхідний об'єм вихідної суспензії вносили в попередньо приготовану стерильну водопровідну воду. Ступінь зараження води дорівнював 10^4 – 10^5 КУО/ см^3 . Водопровідну воду відбирали безпосередньо на місці проведення дослідів, відстоювали протягом доби та стерилізували в автоклаві при 1 атм ($t = 121^\circ \text{C}$), протягом 15 хв. Після цього вимірювали лужність та рН води, ці значення становили 1,6 мг-екв./ дм^3 та 8,2 відповідно. Забруднену воду разливали в стакани об'ємом 500 см^3 . Далі додавали необхідну кількість коагулянту, флокулянту та перемішували на магнітній мішалці. По завершенні часу контакту (10, 30, 60 хв) розчин фільтрували через паперові фільтри, перші 50 см^3 відкидали.

Вживаність виду визначали за наявністю КУО при посіві відібраних проб на агаризоване середовище Сабуро та при культивуванні протягом трьох діб ($t = 27^\circ \text{C}$). Результат виражали як співвідношення логарифма дріжджів, що залишилися в розчині після обробки його реагентами (N_t) до вихідної їх кількості (N_0).

Як видно з отриманих результатів (рис. 2), при використанні різних коагулянтів найкращого видалення культури з води можна досягти з допомогою ДГСА. Так, при однаковій концентрації коагулянтів $6 \text{ мг}/\text{дм}^3$ та вихідному забрудненні води $1,7 \cdot 10^5$ КУО/ см^3 , з допомогою ДГСА вилучається близько трьох порядків *Candida albicans*, тоді як ОХА дозволяє очистити воду трохи більше ніж на два порядки, а СА — на півтора.

Це можна пояснити тим, що даний коагулянт має найбільш розвинену адсорбційну площу поверхні та позитивний заряд відносно згаданих вище коагулянтів, за рахунок чого підвищується відсоток видалення культури з води.

Що стосується флокулянтів, то при однаковій концентрації реагентів — $0,1 \text{ мг}/\text{дм}^3$, вони мають схожу ступінь вилучення культури з води, яка становить у випадку з Валеусом

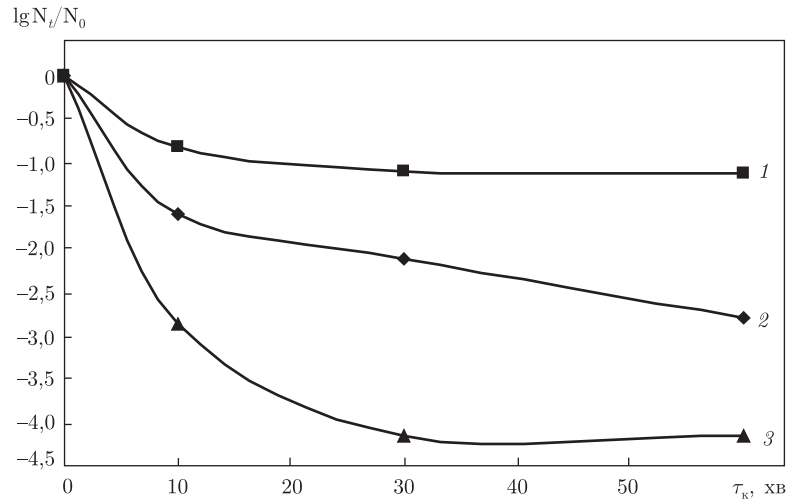


Рис. 3. Оцінка впливу кожного з реагентів на очистку води від *Candida albicans*:
 1 – С(ДБ-45) = 0,1 мг/дм³; 2 – С(ДГСА) = 6 мг/дм³; 3 – ДГСА+ДБ-45; забруднення води за культурою – $1,8 \cdot 10^5$ КОУ/см³

один порядок, а ДБ-45 забезпечує очищення води більш ніж на 1 порядок при початковому забрудненні води $1,8 \cdot 10^5$ КОУ/см³.

Таку відмінність можна пояснити, враховуючи хімічну природу реагентів. Так, Валеус належить до слабких основ, у зв'язку з цим при рН 8,2 він менш дисоційований, ніж ДБ-45, що є сильною основою, добре дисоційованою в усіх областях рН.

При сумісному використанні коагулянту з флокулянтом ступінь вилучення *Candida albicans* зростає більш ніж на 4 порядки (рис. 3).

Для досягнення повного вилучення культури з води дози реагентів мають бути збільшені; так, доза коагулянту (ДГСА) становить 30 мг/дм³, а флокулянту ДБ-45 – 1 мг/дм³. Крім того, це дозволяє скоротити час контакту забрудненої води з реагентами з 60 до 30 хв. У воді залишковий вміст алюмінію не перевищував встановлені норми ГДК, а доза ДБ-45 входить в діапазон концентрацій, які використовують в процесах водопідготовки.

Проведені дослід з використанням *Candida albicans* були апробовані на мікроміцетах, а саме, на *Cladosporium cladosporioides*, який найчастіше виділяється з водопровідної води, а також легко ідентифікується на поживному середовищі. Нами проведені дослід по вилученню цього гриба за допомогою методів коагуляції та флокуляції. Як видно з рис. 4, одночасне використання коагулянту з флокулянтом дозволяє підвищити ступінь очищення води від небезпечного патогену.

З отриманих результатів видно, що при початковому забрудненні води $1,5 \cdot 10^3$ КУО/см³ одночасне використання реагентів дозволяє повністю очистити воду від *Cladosporium cladosporioides*.

Отже, на підставі проведених досліджень можна стверджувати таке: у зв'язку з тим що мікроскопічні гриби становлять серйозну загрозу для здоров'я населення, необхідно розробляти методи знезараження води від цих патогенів; використання коагуляційного та флокуляційного методів дає змогу повністю знезаразити воду, як від *Candida albicans*, так і від *Cladosporium cladosporioides*; як тест-об'єкт для вивчення знезараження води сорбційними методами можна використовувати дріжджеподібний гриб *Candida albicans*.

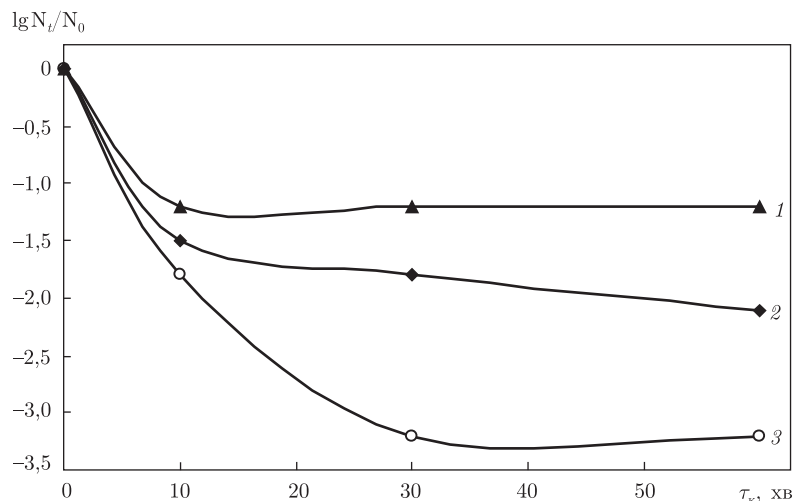


Рис. 4. Ефективність очищення води від *Cladosporium cladosporioides*: 1 – ДБ-45 при дозі 0,1 мг/дм³; 2 – ДГСА при дозі 6 мг/дм³; 3 – ДГСА + ДБ-45

Проведені нами дослідження є початком дослідів на різних сорбентах та мембранах, що дозволить розробити не лише ефективні методи знезараження води від мікроміцетів, а й апаратуру для одержання якісної питної води.

1. *Rosenzweig W., Minnigh H., Pipes W.* Fungi in potable water distribution systems // AWWA. – 1986. – **78**. – P. 53–55.
2. *Franková E., Horecka M.* Filamentous soil fungi and unidentified bacteria in drinking water from wells and water mains near Bratislava // Microbiol Res. – 1995. – **150**. – P. 311–313.
3. *Arvanitidou M., Kanellou K., Constantinides T., Katsouyannopoulos V.* The occurrence of fungi in hospital and community potable waters // Lett. Appl. Microbiol. – 1999. – **29**. – P. 81–84.
4. *Гончарук В. В., Руденко А. В., Коваль Э. З., Савлук О. С.* Проблема инфицирования воды возбудителями микозов и перспективы ее решения // Химия и технология воды. – 2004. – **26**, № 2. – С. 120–144.
5. *Hinzelin F., Block J.* Yeasts and filamentous fungi in drinking water // Environ. Technol. Lett. – 1985. – **6**. – P. 101–106.
6. *Kelley J., Kinsey G., Paterson R., Brayford D., Pitchers R., Rossmore H.* Identification and Control of Fungi in Distribution Systems. – Denver: AWWA Res. Found. Amer. Water Works Assoc., 2003.
7. *Nagy L. A., Olson B. H.* The occurrence of filamentous fungi in drinking water distribution systems // Can. J. Microbiol. – 1982. – **28**. – P. 667–671.
8. *Gonçalves A. B., Paterson R. R. M., Lima N.* Survey and significance of filamentous fungi from tap water // Inter. J. Hygiene and Environmental Health. – 2006. – **209**, No 3. – P. 257–264.
9. *Anaissie E. J., Kuchar R. T., Rex H. J., Francesconi A. et al.* Fusariosis associated with pathogenic fusarium species colonization of a hospital water system: a new paradigm for the epidemiology of opportunistic mold infections // Clin. infectious diseases. – 2001. – No 33. – P. 1871–1878.
10. *Hageskal G., Knutsen A. K., Gaustad P. et al.* Diversity and Significance of Mold Species in Norwegian Drinking Water // Appl. Environ. Microbiol. – 2006. – **72**, No 12. – P. 7586–7593.
11. *Hageskal G., Gaustad P., Heier B. T., Skaar I.* Occurrence of moulds in drinking water // J. Appl. Microbiol. – 2007. – **102**, No 3. – P. 774–780.
12. *Гончарук В. В., Потапченко Н. Г., Косинова В. Н., Левадная Т. И.* Дезинфицирующие свойства полигексаметиленгуанидин хлорида и факторы, влияющие на его активность // Химия и технология воды. – 2006. – **28**, № 5. – С. 491–504.

Інститут колоїдної хімії та хімії води
ім. А. В. Думанського НАН України, Київ
Інститут урології АМН України, Київ

Надійшло до редакції 11.03.2008