

СІОМА І.Б., ГОВОРУХА В.М.✉, ТАШИРЕВ О.Б.

Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України,

Україна, 03143, м. Київ, вул. Академіка Заболотного, 154, e-mail: irasioma82@gmail.com, vira-govorukha@ukr.net

✉ vira-govorukha@ukr.net, (095) 906-72-84

РТУТЬ-РЕЗИСТЕНТНІ БАКТЕРІЇ В ЕКОСИСТЕМАХ АНТАРКТИКИ

Мета. Робота присвячена вивченню стійкості антарктичних мікроорганізмів до іонів ртуті.

Методи. В дослідженні було використано стандартні мікробіологічні методи висівання мікроорганізмів із десятикратних розведень суспензій на агаризоване середовище. **Результати.** У відібраних в Антарктиці зразках було виявлено мікроорганізми, стійкі до ртуті у високих концентраціях (до 500 мг/л Hg^{2+}). Найбільша кількість Hg^{2+} -резистентних мікроорганізмів виявлена у мохово-лишайникових та ґрунтових екосистемах. Найменше Hg^{2+} -стійких мікроорганізмів були присутні в багатих органікою гумусних екосистемах. **Висновки.** В мікробіоценозах Антарктики було вперше виявлено мікроорганізми, стійкі до ртуті у «бактерицидних» концентраціях, незважаючи на відсутність цього елемента в природних антарктичних екосистемах. Очевидно, в геномі цих організмів присутні гени, що забезпечують механізми стійкості мікроорганізмів до токсичної ртуті.

Ключові слова: ртуть, метал-резистентність, мікроорганізми Антарктики.

Антарктичні екосистеми є унікальними за своїм фізико-географічним положенням і кліматичними умовами, тому можна припустити, що вони повинні містити мікроорганізми зі специфічними, а іноді унікальними властивостями. В Антарктиці на мікробні угруповання постійно діє комплекс екстремальних факторів. До них відносяться: УФ-радіація, низька концентрація органічних речовин, різкі перепади температур, що спричиняють часті зміни режимів замерзання – відтанення. До екстремальних факторів також відносять токсичні метали, що протягом тисячоліть вилугуюються з вулканічних порід, а протягом останніх десятиліть мають також антропогенне походження [1]. Враховуючи екстремальні умови існування, можна припустити, що антарктичні мікроорганізми могли виробити і закріпити на генетичному рівні специфічні механізми пристосування до несприятливих умов

середовища.

Вивчення взаємодії мікроорганізмів із металами сьогодні стає все більш актуальним [2]. Встановлено здатність мікроорганізмів до поглинання важких металів та радіонуклідів, яке відбувається в основному двома способами, а саме; біоаккумуляція – метаболічне зв'язування живими клітинами [3–10] та біосорбція – пасивне зв'язування компонентами як живих, так і мертвих клітин [11]. За сучасними дослідженнями, більшість мікроорганізмів-сорбентів важких металів належить до представників роду *Pseudomonas* та дріжджів. Так, *P. putida* активно накопичували марганець у товщі біоплівки, окиснюючи його від Mn^{2+} до Mn^{3+} і Mn^{4+} [10]. Крім цього, вони могли накопичувати MnO_x на поверхні клітин, зв'язуючи його, очевидно, поверхневими білками [8]. Також *P. putida* і *P. chlororaphis* за $\text{pH} = 4,0$ поглинали уран, хоч і не так активно, як *Bacillus pantothenicus* і *B. megaterium*, ізольовані з повітря, забрудненого ^{60}Co гамма-джерелом [11]. Сорбція металів може відігравати важливу роль у метаболізмі мікроорганізмів, як показано на прикладі поглинання заліза клітинами *P. putida* за колонізації ними зерен кукурудзи, без якого колонізація різко сповільнювалася.

Найбільш активними біосорбентами важких металів є дріжджі. Було показано, що дріжджі родів *Saccharomyces*, *Candida* і *Pichia* здатні активно сорбувати іони таких металів, як Ag, Au, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, U, Th, Zn, Cd залежно від температури, pH та інших фізико-хімічних факторів [9, 12]. Механізм сорбції визначається особливостями структури клітиної стінки [12]. Перевагою дріжджів для використання як біосорбентів є швидкий ріст і накопичення біомаси та використання доступних субстратів. Як перспективний біосорбент важких металів вивчали штам *Chryseomonas luteola* ТЕМ05. Ця культура виявляла здатність сорбувати мідь (II) і нікель (II) екзополісахаридом, а також поглинати хром (VI) і алюміній (III) із досить високою адсорб-

ційною здатністю (127,3 мг/г, 72,2 мг/г, 55,2 мг/г і 3,0 мг/г АСВ відповідно) [5, 6].

Ртуть вважається металом із високим ступенем токсичності. Для переважної більшості бактерій вона часто займає перше місце у ряді токсичності металів [13]. Ртуть у формі неорганічних сполук пригнічує ріст мікроорганізмів за концентрації 5 мкг/л середовища, а її органічні сполуки за удесятеро нижчої концентрації [14]. За даними більшості повідомлень, стійкість до сполук ртуті мікроорганізмів, що зараз досліджуються, не перевищує 50 мг Hg^{2+} /л середовища [15]. Крім того, показано зчеплену стійкість мікроорганізмів до ртуті із стійкістю до інших важких металів, наприклад кадмію, цинку, сурми, вісмуту, телуру, олова і свинцю [16, 17]. Окремим перспективним напрямком є дослідження генетично зумовленої стійкості мікроорганізмів до високих концентрацій ртуті, наявності і дії мер-генів і їх можливого виникнення у мутантів [18–22].

Розвиток сучасної промисловості вимагає створення ефективних і екологічно безпечних технологій очищення стічних вод від важких металів, насамперед, – від ртуті. Робота над створенням мікробних біотехнологій вилучення ртуті з розчинів триває у світі, але поки що ці технології ефективні за вмістом у розчині не вище 10 мг/л Hg^{2+} [18, 23, 24]. Очевидно, що такі установки потребуватимуть суттєвої площі для свого використання. Тому необхідним є створення новітніх біотехнологій на основі мікроорганізмів, стійких до ртуті у високих концентраціях (більше 100 мг/л), та здатних до взаємодії з нею.

Метою нашого дослідження було вивчення стійкості антарктичних мікроорганізмів до сполук ртуті та оцінка їх генетичного потенціалу для подальшої розробки природоохоронних біотехнологій.

Матеріали і методи

Дослідження стійкості антарктичних мікроорганізмів до ртуті проводили таким чином.

Для культивування мікроорганізмів використовували м'ясо-пептонний агар (МПА) із додаванням стандартного водного розчину двовалентної ртуті до середовища у концентраціях 10, 50 і 500 мг/л Hg^{2+} .

Проводили дослідження мікроорганізмів екосистем Антарктики, зразки яких було відібрано під час української експедиції в Антарктиду 2006 року. Всього було вивчено 49 зразків, з

них 25,5% – ґрунт, 37% – мохи, лишайники, 25,5% – вода і мул, 12% – гумус.

Зразки висушували протягом двох діб за кімнатної температури між двома шарами гігроскопічного паперу. Згодом зразки було перетерто у фарфоровій ступці з пестиком і розведено стерильним фізіологічним розчином у співвідношенні 1 г зразка на 10 мл фізіологічного розчину. Із отриманої суспензії готували десятикратні розведення для висівання на агаризовані середовища. Для приготування розведень використовували стерильний фізіологічний розчин.

Посів проводили газоном на чашках Петрі та в агарових циліндрах (технологія приготування циліндрів, викатаних за Хангейтом (без продування аргоном) [13, 25]. На одну чашку Петрі (циліндр) вносили 0,1 мл суспензії зразка. Культивування проводилося за температури 18°C упродовж 21 доби.

Результати та обговорення

Дослідження наявності у антарктичних зразках мікроорганізмів, стійких до ртуті у високих концентраціях, а також здатних до передачі такої стійкості наступним поколінням є дуже перспективним як для фундаментальної, так і для прикладної науки. Такі мікроорганізми можуть стати як новими об'єктами для досліджень різноманітних генетичних механізмів метал-резистентності, так і перспективними культурами для використання у нових біотехнологіях вилучення металів із промислових стічних вод чи забруднених такими водами ґрунтів.

Майже у всіх зразках було виявлено мікроорганізми, стійкі до ртуті у концентрації 10 мг Hg^{2+} /л середовища (табл.). Крім цього, ці зразки характеризувалися ще й вмістом таких мікроорганізмів, до 10^5 клітин на 1 г висушеного зразка. За таких концентрацій було виявлено ріст як бактерій, так і мікроміцетів. За підвищення концентрації іону ртуті до 50 мг Hg^{2+} /л середовища відбувалося зниження вмісту життєздатних клітин. Було виявлено пригнічення росту мікроміцетів та розвиток тільки бактерій.

За вмісту ртуті 50 мг/л Hg^{2+} домінували слизисті колонії мікроорганізмів молочно-білого або жовтуватого-персикового забарвлення.

Концентрація 500 мг Hg^{2+} /л середовища для мікроорганізмів у переважній більшості зразків виявилася бактерицидною, окрім двох зразків, що відносяться до мохово-лишайникової групи. Із цих зразків було виділено дві культури, стійкі до 500 мг ртуті в середовищі. Колонії

обох культур мали молочно-біле забарвлення, були дуже слизуваті і здатні до слабого розрідження агару за зберігання більше двох тижнів. Їх концентрація у зразках була на рівні $n \times 10^2$ КУО/г зразка.

За багатократного пересіву виділених культур на середовища МПА з 500 мг Hg^{2+} /л стійкість мікроорганізмів не втрачалась. Отже, оскільки мікробна стійкість до ртуті у високих концентраціях зберігалася, припускається, що вона закріплена генетично. Відомі механізми ртуть-резистентності полягають у синтезі специфічних ензимів (редуктази, ліази і ртуть-зв'язуючі протеїни) і кодується спеціальними оперонами у плазмідах бактерій [26]. Їх подальше дослідження та встановлення генетично детермінованих механізмів стійкості мікроорганізмів до ртуті є перспективним напрямком для розробки біотехнології її детоксикації та вилучення із середовища.

Для виявлення можливої залежності вмісту стійких до ртуті мікроорганізмів від типу екосистеми, з якої взято зразок, було визначено відсоток зразків, де виявлено стійкі до ртуті мікроорганізми (рис.). З отриманих результатів видно, що найбільшу кількість стійких до ртуті мікроорганізмів було виявлено в зразках мохів та лишайників; слабкий ріст спостерігався у

зразках гумусу. Таку закономірність можна пояснити тим, що наявність органічних речовин у високій концентрації в гумусних пробах зумовила формування угруповання мікроорганізмів, нестійких до стресових факторів.

Стійкість антарктичних мікробних угруповань до ртуті у таких високих концентраціях в середовищі (500 мг/л Hg^{2+}) могла бути результатом наявності цього елемента в природному середовищі їх існування. Для перевірки цієї гіпотези в Інституті біології південних морів було проведено аналіз досліджених зразків на наявність у них сполук двовалентної ртуті. Вміст ртуті у більшості зразків не перевищував 0,05 мг/кг зразка, а у деяких знаходився за межею чутливості методу визначення (менше 0,02 мг/кг). Ртуть у підвищеній концентрації (0,21 мг/кг зразка) була виявлена тільки в одному із зразків, але за загальним значенням ця концентрація була далека від інгібуючої для мікроорганізмів [13].

Оскільки різниця концентрацій ртуті у зразках все-таки існувала, було перевірено наявність кореляції між вмістом ртуті у зразку і наявністю та концентрацією в ньому мікроорганізмів, стійких до високих концентрацій ртуті. Виходячи з отриманих нами даних, така залежність відсутня.

Таблиця. Кількість гетеротрофних мікроорганізмів, стійких до високих концентрацій Hg^{2+} у деяких зразках, відібраних в Антарктиці (експедиція 2006 р.)

Характеристика зразка		Кількість мікроорганізмів, КУО/г зразка		
№	Тип екосистеми	10 мг Hg /л	50 мг Hg /л	500 мг Hg /л
010	Вологий мул	1×10^4	$> 10^5$	-
011	Мул з дна озера, глибина 02 – 06	$> 10^5$	$> 10^5$	-
012	Мул з дна висохлого озера під мохом	-	5×10^4	-
020	Ґрунт з ніші в скелі	$5,7 \times 10^3$	2×10^3	-
021	Ґрунт під мохом із висохлого озера в скелі	$> 10^5$	$2,4 \times 10^3$	-
027	Мох товщиною 30 – 40 см.	$> 10^5$	$> 10^5$	-
029	Мох на дні скальної тріщини з проточною водою	$> 10^5$	$1,8 \times 10^3$	-
030	Мул і згнилий мох на дні озера в скальній тріщині	$> 10^5$	$> 10^5$	-
56	Мохове поле	1×10^4	8×10^3	2×10^2
46	Мох	$> 10^5$	$> 10^5$	6×10^2
52	Ґрунт	$> 10^5$	$> 10^5$	-
48	Мох	3×10^3	$8,4 \times 10^3$	-
49	Напівзгнилий мох	$4,1 \times 10^3$	-	-
001	Ґрунт із ніші в скелі	$> 10^5$	$1,14 \times 10^4$	-
002	Ґрунт із шаром мушель, поруч трава	$1,1 \times 10^3$	$> 10^5$	-

Примітка. «-» – відсутність росту мікроорганізмів.

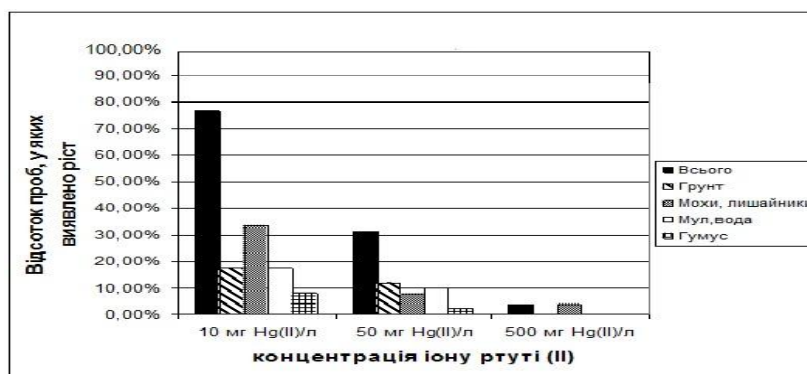


Рис. Кількісна характеристика стійкості антарктичних мікроорганізмів у концентраційному діапазоні ртуті від 10 до 500 мг Hg²⁺/л.

Висновки

Таким чином, у мікробіоценозах Антарктики було вперше виявлено мікроорганізми, стійкі до ртуті у «бактерицидних» концентраціях, незважаючи на відсутність цього елемента в природних екосистемах. Очевидно, в геномі цих організмів є гени, що забезпечують механізми стійкості мікроорганізмів до токсичної ртуті.

Отримані результати є перспективними для подальшого дослідження генетичного потенціалу стійкості мікроорганізмів до токсичних сполук ртуті, встановлення механізмів їх детоксикації, а також розробки новітніх біотехнологій очищення стічних вод, що містять розчинні сполуки ртуті у надвисоких концентраціях.

Література

- Santos I.R. Heavy metal contamination in coastal sediments and soils near the Brazilian Antarctic Station, King George Island. *Marine Pollution Bulletin*. 50. 2005. P. 185–194.
- Hafenburg G., Kothe E. Microbes and metals: interactions in the environment. *Journal of Basic Microbiology*. Vol. 47, Is. 6. 2007. P. 453–467
- De Windt Wim, Aelterman Peter, Verstraete Willy. Bioreductive deposition of palladium (0) nanoparticles on *Shevanella oneidensis* with catalytic activity towards reductive dechlorination of polychlorinated biphenyls. *Environ. Microbiol.* 2005. 7, № 3. P. 314–326.
- Glasauer Susan, Langley Sean, Beveridge Terry J. Intracellular granules formed by a subsurface bacterium. *Environ. Microbiol.* 2004. 6, № 10. P. 1042–1049.
- Ozdemir Guven, Ceyhan N., Manav E. Utilization in alginate beads for Cu (II) and Ni (II) adsorption of an exopolysaccharide produced by *Chryseomonas luteola* TEM05. *World J. Microbiol. and Biotechnol.* 2005. 21, № 2. P. 163–167.
- Ozdemir G., Baysal S.H. Chromium and aluminium biosorption on *Chryseomonas lutea* TEM05. *Appl. Microbiol. and Biotechnol.* 2004. 64, № 4. P. 599–603.
- Pado Ryszard, Pawłowska-Ćwięk Lucyna. The uptake and accumulation of iron by the intestinal bacterium *Desulfotomaculum acetoxidans* DSM 771. *Folia Biol. (Polska)*. 2005. 53, № 1–2. P. 79–81.
- Parikh Sanjay J., Chorover Jon. FTIR spectroscopic study of biogenic Mn-oxide formation by *Pseudomonas putida* GB-1. *Geomicrobiol. J.* 2005. 22, № 5. P. 207–218.
- Park J.K., Lee J.W., Juny J.Y. Cadmium uptake capacity of two strains of *Saccharomyces cerevisiae* cells. *Enzyme and Microb. Technol.* 2003. 33, № 4. P. 371–378
- Toner B., Pakra S., Villabolos M., et al. Spatially resolved characterization of biogenic manganese oxide production within a bacterial biofilm. *Appl. and Envir. Microb.* 2005. 71, № 3. P. 1300–1310.
- Tawfic Zahira, Abu-Shady Mohamed, Haytham Mohamed. Uranium uptake by some locally isolated and some reference bacterial species. *Acta Pharm.* 2005. 55, № 1. P. 93–105.
- Подгорский В.С., Касаткина Т.П., Лозовая О.Г. Дрожжи – биосорбенты тяжелых металлов. *Мікробіологічний журнал*. 2004. 66, № 1. С. 91–103.
- Таширев О.Б. Біотехнології очищення промислових стічних вод на основі термодинамічного прогнозування взаємодії мікроорганізмів з металами та радіонуклідами: автореф. дис. ... д-ра тех. наук. К., 2005. 336 с.
- Boening D.W. Ecological effects, transport, and fate of mercury: a general review. *Chemosphere*. 2000 Jun. 40 (12). P. 1335–1351.
- Gupta A., Rai V., Bagdwal N., Goel R. *In situ* characterization of mercury-resistant growth-promoting fluorescent pseudomonads. *Microbiol Res.* 2005. 160 (4). P. 385–8.
- Meyer J., Schmidt A., Michalke K., Hensel R. Volatilisation of metals and metalloids by the microbial population of an alluvial soil. *Syst Appl Microbiol.* 2007 Apr. 30 (3). P. 229–238.
- Sprocati A.R., Alisi C., Segre L., et al. Investigating heavy metal resistance, bioaccumulation and metabolic profile of a metallophilic microbial consortium native to an abandoned mine. *Sci Total Environ.* 2006 Aug 1. 366 (2–3). P. 649–658.

18. Deckwer W.D., Becker F.U., Ledakowicz S., Wagner-Dobler I. Microbial removal of ionic mercury in a three-phase fluidized bed reactor. *Environ Sci Technol.* 2004 Mar. 15. 38 (6). P. 1858–1865.
19. Kannan S.K., Mahadevan S., Krishnamoorthy R. Characterization of a mercury-reducing *Bacillus cereus* strain isolated from the Pulicat Lake sediments, south east coast of India. *Arch Microbiol.* 2006 Apr. 185 (3). P. 202–211.
20. Levings R.S., Partridge S.R., Djordjevic S.P., et al. SGI1-K, a variant of the SGI1 genomic island carrying a mercury resistance region, in *Salmonella enterica* serovar Kentucky. *Antimicrob Agents Chemother.* 2007 Jan. 51 (1). P. 317–323. doi: 10.1128/AAC.01229-06.
21. Smalla K., Haines A.S., Jones K., et al. Increased abundance of IncP-1beta plasmids and mercury resistance genes in mercury-polluted river sediments: first discovery of IncP-1beta plasmids with a complex mer transposon as the sole accessory element. *Appl Environ Microbiol.* 2006 Nov. 72 (11). P. 7253–7259.
22. Zhang R., Wang Y., Gu J.D. Identification of environmental plasmid-bearing *Vibrio* species isolated from polluted and pristine marine reserves of Hong Kong, and resistance to antibiotics and mercury. *Ant. Van Leeuwenhoek.* 2006 Apr-May. 89 (3–4). P. 307–315.
23. Green-Ruiz C. Mercury(II) removal from aqueous solutions by nonviable *Bacillus* sp. from a tropical estuary. *Bioresour Technol.* 2006 Oct. 97 (15). P. 1907–1911.
24. Von Canstein H., Li Y., Leonhauser J., Haase E., Felske A., Deckwer W.D., Wagner-Dobler I. Spatially oscillating activity and microbial succession of mercury-reducing biofilms in a technical-scale bioremediation system. *Appl. Environ. Microbiol.* 2002 Apr. 68 (4). P. 1938–1946.
25. Hungate R.E. A role tube method for cultivation of strict anaerobes. *Meth. Microbiol.* New York: Acad press Inc. 1969. 3b. P. 117–132.
26. Robinson J.B., Tuovinen O.H. Mechanisms of microbial resistance and detoxification of mercury and organomercury compounds: physiological, biochemical and genetic analyses. *Microbiol. Rev.* 1984 Jun. 48 (2). P. 95–124.

References

1. Santos I.R. Heavy metal contamination in coastal sediments and soils near the Brazilian Antarctic Station, King George Island. *Marine Pollution Bulletin.* 50. 2005. P. 185–194.
2. Hafenburg G., Kothe E. Microbes and metals: interactions in the environment. *Journal of Basic Microbiology.* Vol. 47, Is. 6. 2007. P. 453–467
3. De Windt Wim, Aelterman Peter, Verstraete Willy. Bioreductive deposition of palladium (0) nanoparticles on *Shewanella oneidensis* with catalytic activity towards reductive dechlorination of polychlorinated biphenyls. *Environ. Microbiol.* 2005. 7, № 3. P. 314–326.
4. Glasauer Susan, Langley Sean, Beveridge Terry J. Intracellular granules formed by a subsurface bacterium. *Environ. Microbiol.* 2004. 6, № 10. P. 1042–4049.
5. Ozdemir Guven, Ceyhan N., Manav E. Utilization in alginate beads for Cu (II) and Ni (II) adsorption of an exopolysaccharide produced by *Chryseomonas luteola* TEM05. *World J. Microbiol. and Biotechnol.* 2005. 21, № 2. P. 163–167.
6. Ozdemir G., Baysal S.H. Chromium and aluminium biosorption on *Chryseomonas lutea* TEM05. *Appl. Microbiol. and Biotechnol.* 2004. 64, № 4. P. 599–603.
7. Pado Ryszard, Pawłowska-Ćwiąg Lucy. The uptake and accumulation of iron by the intestinal bacterium *Desulfotomaculum acetoxidans* DSM 771. *Folia Biol. (Polska).* 2005. 53, № 1–2. P. 79–81.
8. Parikh Sanjay J., Chorover Jon. FTIR spectroscopic study of biogenic Mn-oxide formation by *Pseudomonas putida* GB-1. *Geomicrobiol. J.* 2005. 22, № 5. P. 207–218.
9. Park J.K., Lee J.W., Juny J.Y. Cadmium uptake capacity of two strains of *Saccharomyces cerevisiae* cells. *Enzyme and Microb. Technol.* 2003. 33, № 4. P. 371–378
10. Toner B., Pakra S., Villalobos M., et al. Spatially resolved characterization of biogenic manganese oxide production within a bacterial biofilm. *Appl. and Envir. Microb.* 2005. 71, № 3. P. 1300–1310.
11. Tawfic Zahira, Abu-Shady Mohamed, Haytham Mohamed. Uranium uptake by some locally isolated and some reference bacterial species. *Acta Pharm.* 2005. 55, № 1. P. 93–105.
12. Podgorskii V.S., Kasatkina T.P., Lozovaia O.G. Yeasts – biosorbents of heavy metals. *Microbiologichny zhurnal.* 2004. 66, № 1. P. 91–103.
13. Tashyrev O.B. Biotechnologies of industrial sewage purification based on thermodynamic forecast of microorganisms' interaction with metals and radionuclides: author's abstract of dissertation of Doctor of Tech. Sci. Kiev, 2005. 336 p.
14. Boening D.W. Ecological effects, transport, and fate of mercury: a general review. *Chemosphere.* 2000 Jun. 40 (12). P. 1335–1351.
15. Gupta A., Rai V., Bagdwal N., Goel R. *In situ* characterization of mercury-resistant growth-promoting fluorescent pseudomonads. *Microbiol Res.* 2005. 160 (4). P. 385–8.
16. Meyer J., Schmidt A., Michalke K., Hensel R. Volatilisation of metals and metalloids by the microbial population of an alluvial soil. *Syst Appl Microbiol.* 2007 Apr. 30 (3). P. 229–238.
17. Sprocati A.R., Alisi C., Segre L., et al. Investigating heavy metal resistance, bioaccumulation and metabolic profile of a metal-ophile microbial consortium native to an abandoned mine. *Sci Total Environ.* 2006 Aug 1. 366 (2–3). P. 649–658.
18. Deckwer W.D., Becker F.U., Ledakowicz S., Wagner-Dobler I. Microbial removal of ionic mercury in a three-phase fluidized bed reactor. *Environ Sci Technol.* 2004 Mar. 15. 38 (6). P. 1858–1865.
19. Kannan S.K., Mahadevan S., Krishnamoorthy R. Characterization of a mercury-reducing *Bacillus cereus* strain isolated from the Pulicat Lake sediments, south east coast of India. *Arch Microbiol.* 2006 Apr. 185 (3). P. 202–211.

20. Levings R.S., Partridge S.R., Djordjevic S.P., et al. SGI1-K, a variant of the SGI1 genomic island carrying a mercury resistance region, in *Salmonella enterica* serovar Kentucky. *Antimicrob Agents Chemother.* 2007 Jan. 51 (1). P. 317–323. doi: 10.1128/AAC.01229-06.
21. Smalla K., Haines A.S., Jones K., et al. Increased abundance of IncP-1beta plasmids and mercury resistance genes in mercury-polluted river sediments: first discovery of IncP-1beta plasmids with a complex mer transposon as the sole accessory element. *Appl Environ Microbiol.* 2006 Nov. 72 (11). P. 7253–7259.
22. Zhang R., Wang Y., Gu J.D. Identification of environmental plasmid-bearing *Vibrio* species isolated from polluted and pristine marine reserves of Hong Kong, and resistance to antibiotics and mercury. *Ant. Van Leeuwenhoek.* 2006 Apr-May. 89 (3–4). P. 307–315.
23. Green-Ruiz C. Mercury(II) removal from aqueous solutions by nonviable *Bacillus* sp. from a tropical estuary. *Bioresour Technol.* 2006 Oct. 97 (15). P. 1907–1911.
24. Von Canstein H., Li Y., Leonhauser J., Haase E., Felske A., Deckwer W.D., Wagner-Dobler I. Spatially oscillating activity and microbial succession of mercury-reducing biofilms in a technical-scale bioremediation system. *Appl. Environ. Microbiol.* 2002 Apr. 68 (4). P. 1938–1946.
25. Hungate R.E. A role tube method for cultivation of strict anaerobes. *Meth. Microbiol.* New York: Acad press Inc. 1969. 3b. P. 117–132.
26. Robinson J.B., Tuovinen O.H. Mechanisms of microbial resistance and detoxification of mercury and organomercury compounds: physiological, biochemical and genetic analyses. *Microbiol. Rev.* 1984 Jun. 48 (2). P. 95–124.

SIOMA I.B., HOVORUKHA V.M., TASHYREV O.B.

Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of NAS of Ukraine,

Ukraine, 03143, Kiev, Ac. Zabolotny str., 154, e-mail: irasioma82@gmail.com, vira-govorukha@ukr.net

MERCURY-RESISTANT BACTERIA IN ANTARCTIC ECOSYSTEMS

Aim. The research was focused on the assessment of the possible resistance of Antarctic microorganisms to mercury ions. **Methods.** Conventional microbiological methods of introducing of decimal dilutions to agar medium. **Results.** Microorganisms resistant to Hg^{2+} in high concentrations (up to 500 mg/l) were discovered among samples from Antarctica. The majority of Hg^{2+} -resistant microorganisms was found in moss-lichen and soil ecosystems. The least of Hg^{2+} -resistant microorganisms was found in organics-rich humus ecosystems. **Conclusions.** In Antarctic microbiocenoses were discovered for the first time microorganisms resistant to mercury in “bactericidal” concentrations in spite of absence of this element in the natural ecosystems. Apparently, the genome of these microorganisms contains genes that provide the mechanisms of microbial resistance to toxic mercury.

Keywords: mercury, metal resistance, Antarctic microorganisms.