

УДК 579.26

**В.А. Романовская, Г.В. Гладка, А.А. Таширева, А.Б. Таширев**

Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного НАН Украины, Киев  
ул. Академика Заболотного 154, Киев ГСП, ДО3680, Украина

### ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПСИХРОТОЛЕРАНТНЫХ АНТАРКТИЧЕСКИХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Аэробные хемоорганотрофные бактерии, доминирующие в почвах и фитоценозах Антарктики, по совокупности морфолого-биохимических признаков отнесены к нескольким таксонам домена Bacteria. Грамотрицательные штаммы 3189, 3415 (сем. Halomonadaceae, Halomonas sp.) и 3088, 3468, 3469 (сем. Moraxellaceae, Psychrobacter sp.) отнесены к филуму Proteobacteria, классу Gammaproteobacteria. К классу Alphaproteobacteria этого же филума причислены грамотрицательные штаммы 3294, 3392 (Rhizobiales, сем. Methylobacteriaceae, Methylobacterium sp.). Грамположительные штаммы 3179, 3275, 3470, 3471 (сем. Microbacteriaceae, Cryobacterium sp.), 3054, 3058, 3411 (сем. Corynebacteriaceae, Corynebacterium sp.) и 3194, 3398 (сем. Micrococcaceae, Micrococcus sp.) отнесены к филуму Actinobacteria, классу Actinobacteria. Таким образом, психрофильные и психротолерантные антарктические бактерии (аэробные хемоорганотрофы), изолированные из фитоценозов и почв полярного региона, таксономически разнообразны.

Ключевые слова: Антарктика, психротолерантные бактерии, идентификация, таксономическое положение.

Согласно литературным данным, психрофильные и психротолерантные бактерии представлены как специфическими грамотрицательными таксонами (*Psychrobacter*, *Psychromonas*, *Psychroserpens*), так и отдельными видами классических родов бактерий (*Halomonas*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Colwellia*, *Marinobacter*, *Pedobacter*) [4, 9-12, 15]. Способность к психрофилии выявлена также у грамположительных бактерий (*Micrococcus*, *Cryobacterium*, *Arthrobacter*, *Corynebacterium*, *Brevibacterium*) [7, 8, 13, 14, 16]; а также у дрожжей (*Cryptococcus*, *Leucosporidiella*, *Dioszegia*, *Rhodotorula*, *Rhodospiridium*, *Mrakia*, *Sporobolomyces*, *Udeniomyces*, *Candida*) [5]. И это не полный перечень известных родов психрофильных/психротолерантных микроорганизмов. В связи с высоким биотехнологическим потенциалом психрофилов, нами осуществлён их поиск в наземных биотопах Антарктики в селективных условиях (культивирование при 1-5°C) и изолированы бактерии, растущие при низких температурах [2].

Цель работы – определить таксономическое положение выделенных психрофильных и психротолерантных аэробных хемоорганотрофных бактерий, которые доминируют в почвах и фитоценозах Антарктики.

**Материалы и методы.** Объектами исследования служили аэробные хемоорганотрофные бактерии, изолированные нами при 1-5°C [2] из различных экосистем Антарктики (орнигогенная почва, сосудистые растения *Deschampsia antarctica* E. Desv. и *Colobanthus quitensis* (Kunth) Bartl., зелёный мох, чёрные и оранжевые лишайники, а также биоплёнка обрастания на вертикальных скалах). Чистые культуры бактерий выделяли стандартными методами и выращивали на агаризованных питательных средах, на которых они были первоначально изолированы [2]: Nutrient Agar (NA) фирмы HiMedia Laboratories Pvt. Ltd., глюкозо-картофельная среда (ГКА), а также минеральная среда ММ с метанолом (0.5 об.%) в качестве источника углеродного питания. Изоляты хранятся в коллекции отдела биологии экстремофильных микроорганизмов ИМВ НАН Украины.

*Морфолого-культуральные свойства* изучали у бактерий, которые доминируют в природных экосистемах Антарктики. Для этого отбирали единичные колонии из максимальных разведений образца, когда при высеве на чашки общее количество колоний не превышало 10-50. Морфологию клеток (форма, размеры, подвижность, наличие спор) изучали стандартными ме-

© В.А. Романовская, Г.В. Гладка, А.А. Таширева, А.Б. Таширев, 2013

тодами при микроскопии живых и окрашенных по Граму препаратов. Культуральные свойства бактерий (пигментация, выделение водорастворимого пигмента, образование внеклеточной слизи, консистенция и размер колоний, наличие воздушного и субстратного мицелия и другие характерные признаки) определяли при посеве их на агаризованные питательные среды (NA, ГКА, MM). На этих же средах определяли температурный диапазон роста и устойчивость к NaCl.

*Физиолого-биохимические свойства* бактерий изучали, используя наборы для идентификации бактерий (тест-системы) API Cozyme (№ 20900), API 20E (№ 20100) и API 20A (№ 20300) фирмы bioMérieux SA (Франция) или фирмы bioMérieux, Inc (USA), согласно инструкциям производителя.

С помощью тест-системы API Cozyme изучали свойства грамположительных бактерий. Тест-система основана на стандартных биохимических микротестах. Для каждого штамма использовали один стрип (кювету с крышкой), который состоит из 20 микролунок. Каждая микролуночка содержит реактив или реакцию смесь (тесты) для определения ферментативной активности или образования кислоты из углеводов (углеводный ряд). В лунки ферментативных тестов (они указаны в разделе «Результаты и обсуждение») вносили бактериальную суспензию (№ 6 стандарта мутности МакФарланда), приготовленную на основе деминерализованной воды. При внесении бактериальной суспензии в лунки происходила (или не происходила) регидратация субстратов и накопление продуктов метаболизма. Это приводило к изменению цвета среды, спонтанному или проявляющемуся при добавлении реактивов, согласно инструкции производителя. В лунки углеводного ряда (они указаны в разделе «Результаты и обсуждение») вносили бактериальную суспензию, приготовленную на питательной среде, содержащей pH-индикатор (феноловый красный). При сбраживании субстрата накапливались кислые продукты, что приводило к изменению цвета pH-индикатора.

API 20E использовали для идентификации грамотрицательных бактерий. Принципы определения ферментативной активности бактерий и сбраживания углеводов те же, что и в тест-системе API Cozyme. Однако определяются другие наборы ферментов и сбраживаемых субстратов (они указаны в разделе «Результаты и обсуждение»), а также другая среда для приготовления суспензии (Cat. №20150). Система основана на 21 стандартном биохимическом микротесте.

Для уточнения результатов использовали API 20A – набор, который предназначен для идентификации анаэробных бактерий. Используется тот же подход для определения ферментативной активности и сбраживания углеводов, что и в тест-системе API Cozyme. Однако определяется меньший набор ферментов и увеличено количество сбраживаемых субстратов, а также для приготовления суспензии используется специфическая среда, которая прилагается к набору. В наших экспериментах стрипы API 20A использовали для выявления факультативных анаэробов, поэтому в микролуночки поверх бактериальной суспензии наносили минеральное масло.

Закрытые крышкой стрипы с микролуночками всех использованных тест-систем инкубировали 24-48 часов при 18±2°C в аэробных условиях. Интерпретацию данных проводили после оценки положительных и отрицательных результатов биохимических тестов.

Путь ассимиляции метанола определяли, как описано в работе [6].

*Идентификацию бактерий* проводили, основываясь на их морфолого-культуральных и физиолого-биохимических свойствах, используя руководства [1, 3], а также отдельные экспериментальные статьи [7-9, 11-13, 14-16].

**Результаты и их обсуждение.** У психрофильных/психротолерантных аэробных хемоорганотрофных бактерий, которые доминируют в наземных экосистемах Антарктики (фитоценозах и орнитогенной почве), изучены морфолого-физиологические свойства. Идентификацию грамотрицательных бактерий проводили при сравнении их с описанными психрофильными или психротолерантными видами *Psychrobacter*, *Psychromonas*, *Psychroserpens*, *Pedobacter*, *Halomonas*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Colwellia*, *Marinobacter* [4, 9-12, 15]. В результате, они были идентифицированы как *Halomonas* sp., *Psychrobacter* sp. и *Methylobacterium* sp.

*Halomonas* sp. На основании фенотипических признаков штаммы 3415 и 3189, изолированные из биопленки на скале и из мха в Антарктике, можно причислить к роду *Halomonas*.

Это грамотрицательные палочки, психротолерантные и галотолерантные (растут при 1-30°C и 5-15% NaCl), хемоорганотрофы, факультативные анаэробы, восстанавливают нитрат, каталазоположительные, оксидазоотрицательные, образуют кислоту и газ из многих углеводов, реакция Фогеса-Проскауэра положительна (табл. 1). По морфолого-физиологическим свойствам штаммы 3415 и 3189 подобны виду *Halomonas elongata*, описанному в работе [15], однако в отличие от этого вида исследованные штаммы не растут при 37-45°C. Филогенетическая линия: *Bacteria*, филум *Proteobacteria*, класс *Gammaproteobacteria*, *Oceanospirillales*, *Halomonadaceae*, *Halomonas*.

*Psychrobacter* sp. Штаммы 3468, 3469, 3088, изолированные из мха и почвы Антарктики, отнесены к роду *Psychrobacter*. Клетки неподвижные или слабо подвижные, не образуют спор, грамотрицательные палочки. Формируют буро-коричневые или бело-серые колонии. Психротолерантные (растут в диапазоне 1-30°C). Тесты положительны: каталаза, β-глюкозидаза (эскулин), аргининдигидролаза, триптофандеаминаза; по утилизации цитрата штаммы различаются (табл. 1). Тесты отрицательны: β-галактозидаза, уреазы, лизиндекарбоксилаза, орнитиндекарбоксилаза, оксидаза, реакция Фогеса-Проскауэра. H<sub>2</sub>S не продуцируют. Метаболизм окислительного типа, способны сбраживать ограниченное число углеводов, или только глюкозу. Штаммы 3468, 3469, 3088 различаются по некоторым признакам. Так, штамм 3468 образует кислоту и газ из d-глюкозы, ксилозы, l-арабинозы; а оксидазоположительный штамм 3469 – только кислоту.

**Таблица 1**

**Физиолого-биохимические свойства грамотрицательных антарктических бактерий (результаты по тест-системе API 20E)**

Признаки	№№ штаммов						
	3415	3189	3469	3468	3088	3392	3294
Восстановление нитратов	+	+	-	-	-	+	-
Гидролиз желатина	-	+	+	-	+	-	-
Продукция индола	-	-	-	-	-	-	-
Продукция H <sub>2</sub> S	-	-	-	-	-	-	-
Наличие ферментов:							
β-галактозидаза	+	-	-	-	-	-	-
β-глюкозидаза (эскулин)	+		+	+	+	-	-
Уреаза	-	-	-	-	-	+	+
Аргининдигидролаза	-	+	-	+	+	-	-
Лизиндекарбоксилаза	-	-	-	-	+	-	-
Орнитиндекарбоксилаза	+	-	-	-	-	-	-
Триптофандеаминаза	+	+	+	+	+	-	-
Каталаза	+	+	+	+	+	+	+
Оксидаза	-	-	+	-	-	-	-
Фогеса-Проскауэра реакция	+	+	-	-	-	+	+
Утилизация цитратов	+	+	-	+	+	-	-
Сбраживание:							
d-глюкоза	+	+	+	+	+	+	+
l-рамноза	+	+	-	-	-	-	-
l-арабиноза	+	+	+	+	+	+	+
d-сахароза	+	-	-	-	+	-	-
d-мелибиоза	+	+	-	+	+	-	-
d-маннит	+	+	-	-	-	-	-
инозит	-	+	-	-	-	-	-
d-сорбит	+	+	-	-	-	-	-
амигдалин	+	-	-	-	-	-	-

**Примечание.** (+) – положительный результат; (-) – отрицательный результат.

Штаммы 3468, 3469, 3088 по ряду свойств подобны видам *Pedobacter*. Однако не представляется возможным отнести их к этому роду, так как в отличие от представителей *Pedobacter* (например, *Pedobacter himalayensis* [11]), штаммы 3468, 3469, 3088 образуют кислоту из d-арабинозы, d-глюкозы, не образуют кислоту из d-маннита, инозита, d-сорбита; у них отсутствует

$\beta$ -галактозидаза. Поэтому штаммы 3468, 3469, 3088 более близки роду *Psychrobacter*. Филогенетическая линия: *Bacteria*, филум *Proteobacteria*, класс *Gammaproteobacteria*, *Pseudomonadales*, *Moraxellaceae*, *Psychrobacter*. По литературным данным, штаммы *Psychrobacter* были обнаружены не только в морской воде и во льду Антарктики, но они также доминируют в орнитогенных почвах [4] и в цианобактериальных матах Антарктики [12].

*Methylobacterium* sp. Штаммы 3294, 3392 изолированы из почвы и чёрного лишайника с вертикальных скал Антарктики. Клетки – подвижные грамотрицательные палочки. Образуют розово-пигментированные, выпуклые, мелкие колонии. Психротолерантные аэробы, хемоорганотрофы, факультативные метилотрофы, т.к. способны ассимилировать, кроме метанола, другие органические соединения. У них отсутствует гексулозофосфатсинтаза, но функционируют оксипируватредуктаза и серинглиоксилатаминотрансфераза, что свидетельствует о способности реализовать сериновый цикл ассимиляции одноуглеродных соединений. Каталазо- и уреазоположительные, реакция Фогеса-Проскауэра положительна. Другие свойства приведены в табл. 1. На основании комплекса диагностических признаков исследуемые розово-пигментированные метилотрофные штаммы отнесены к роду *Methylobacterium*. Филогенетическая линия: *Bacteria*, филум *Proteobacteria*, класс *Alphaproteobacteria*, *Rhizobiales*, *Methylobacteriaceae*, *Methylobacterium*. Ранее нами показано, что штаммы *Methylobacterium* широко распространены в фитоценозах Антарктики.

Анализ таксономического положения антарктических грамположительных бактерий проводили при сравнении их с описанными психрофильными или психротолерантными видами *Micrococcus*, *Cryobacterium*, *Arthrobacter*, *Corynebacterium*, *Brevibacterium* [7, 8, 14, 16]. В результате они были идентифицированы как *Cryobacterium* sp., *Corynebacterium* sp. и *Micrococcus* sp.

*Cryobacterium* sp. Штаммы 3179, 3275, 3471 изолированы из фитоценозов Антарктики (трава, лишайник и мох с почвой). Это грамположительные, слабоподвижные плеоморфные палочки, не образуют споры и мицелий. Колонии на питательных средах соответственно жёлтые, оранжевые и серые. Основные физиолого-биохимические свойства, приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Физиолого-биохимические свойства грамположительных антарктических бактерий (результаты по тест-системе APICorune)**

Признаки	№№ штаммов							
	3275	3179	3471	3054	3058	3411	3194	3398
Восстановление нитратов	-	-	+	+	-	-	+	-
Гидролиз желатина	-	-	-	+	-	+	+	+
Наличие ферментов:								
Каталазы	+	+	+	+	+	+	+	+
Оксидазы	-	-	-	-	-	-	-	-
Уреаза	-	-	-	-	-	-	-	-
$\beta$ -глюкозидаза (эскулин)	-	-	+	+	+	+	+	-
Пиразинамидаза	-	-	+	+	+	+	+	+
Пирролидонинариламидаза	-	-	+	-	-	-	-	+
Щёлочная фосфатаза	-	-	+	-	-	+	-	-
$\beta$ -глюкуронидаза	-	-	-	-	-	-	-	+
$\beta$ -галактозидаза	-	-	+	+	+	+	-	-
$\alpha$ -глюкозидаза	-	-	+	+	+	+	-	+
N-ацетил- $\beta$ -глюкозаминидаза	-	-	+	+	+	+	-	-
Сбраживание:								
d-глюкоза	+	-	+	+	+	+	+	+
d-рибоза	-	-	-	-	+	+	-	-
d-лактоза (бычья)	-	-	-	-	-	+	-	-
d-сахароза	+	+	-	+	+	+	+	-
d-мальтоза	+	-	+	+	+	+	+	-
d-ксилоза	-	-	-	+	+	+	-	-
гликоген	-	-	-	-	-	-	-	-
d-маннит	-	-	-	+	+	+	+	-

**Примечание.** (+) – положительный результат; (-) – отрицательный результат.

Показано, что для штаммов 3179, 3275, 3471 характерен метаболизм преимущественно дыхательного типа, однако они могут также сбраживать ограниченное число сахаров (табл. 2). Штамм 3471 способен восстанавливать нитраты, имеет  $\beta$ -глюкозидазу, подобно *Cryobacterium psychrotolerans* [16]; однако, в отличие от него образует непигментированные колонии. На основании вышеуказанных свойств, а также способности расти при низких температурах психрофильные штаммы 3179, 3275, 3471 можно причислить к недавно описанному [14] роду *Cryobacterium*. Филогенетическая линия: *Bacteria*, филум *Actinobacteria*, *Actinobacteridae*, *Actinomycetales*, *Micrococcineae*, *Microbacteriaceae*, *Cryobacterium*. Первоначально род *Cryobacterium* включал только один психрофильный вид *Cryobacterium psychrophilum*, который был изолирован из антарктической почвы [14]. Позднее к нему были причислены психротолерантные бактерии *Cryobacterium psychrotolerans* [16], а также *Cryobacterium flavum* и *Cryobacterium luteum* [7], изолированные из ледника (Китай).

*Corynebacterium* sp. Штаммы 3054, 3058, 3411 изолированы из фитоценозов Антарктики (биоплёнка и лишайник на скале, а также трава). Это грамположительные, неподвижные неспорообразующие палочки неправильной формы, одиночные или в парах, мицелий не образуют. Колонии на питательных средах – жёлтые или белые. Основные физиолого-биохимические свойства, приведенные в табл. 2, показывают, что для штаммов 3054, 3058, 3411 характерен метаболизм преимущественно бродильного типа, они активно образуют кислоту из многих углеводов и некоторые восстанавливают нитрат. На основании этих свойств они отнесены к роду *Corynebacterium*. Филогенетическая линия: *Bacteria*, *Actinobacteria*, *Actinobacteridae*, *Actinomycetales*, *Corynebacterineae*, *Corynebacteriaceae*, *Corynebacterium*. Однако, в отличие от многих видов *Corynebacterium*, исследованные штаммы были психрофильными или психротолерантными.

*Micrococcus* sp. Штаммы 3398, 3194, изолированные из биоплёнки и чёрного лишайника на скалах (Антарктика), по ряду признаков подобны *Micrococcus antarcticus* («*Micrococcus psychrophilum*») [8]. Клетки – грамположительные, кокки и диплококки, 2-3 мкм, неподвижны. Спор не образуют. Хемоорганотрофы, аэробы. Тесты положительны для каталазы,  $\alpha$ -глюкозидазы и  $\beta$ -глюкуронидазы. Тесты для уреазы и  $\beta$ -глюкозидазы отрицательные. Кислоту образуют из ограниченного количества сахаров (табл. 2). Галотолерантные (растут при 5-7,5 % NaCl). Штамм 3194 восстанавливает нитрат и гидролизует эскулин. Однако штаммы 3398, 3194, в отличие от вида *Micrococcus antarcticus*, образует белые, выпуклые, гладкие колонии (но не жёлтые), психротолерантные (но не психрофилы), оксидазоотрицательные, штамм 3398 не восстанавливает нитрат, гидролизует желатин. Вместе с тем, свойства штаммов 3398, 3194 позволяют отнести их к роду *Micrococcus*. От других грамположительных, неподвижных каталазоположительных штаммов *Micrococcus* (*M. roseus*, *M. agilis*) или *Deinococcus*, изолированных из Антарктики [13], штаммы 3398, 3194 отличается отсутствием ярко выраженной красной пигментации. Филогенетическая линия *Micrococcus*: *Bacteria*, филум *Actinobacteria*, класс *Actinobacteria*, *Actinobacteridae*, *Actinomycetales*, *Micrococcineae*, *Micrococcaceae*, *Micrococcus*.

Таким образом, психротолерантные аэробные хемоорганотрофные бактерии, доминирующие в почве и фитоценозах Антарктики, могут быть причислены к родам *Halomonas*, *Psychrobacter*, *Methylobacterium* (грамотрицательные бактерии); а также к родам *Cryobacterium*, *Corynebacterium*, *Micrococcus* (грамположительные бактерии).

Романовська В.О., Гладка Г.В., Таширева Г.О., Таширев О.Б.

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

## ТАКСОНОМІЧНИЙ СТАТУС ПСИХРОТОЛЕРАНТНИХ АНТАРКТИЧНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ

### Резюме

Аеробні хемоорганотрофні бактерії, які домінують у ґрунтах та фітоценозах Антарктики, за сукупністю морфолого-біохімічних ознак віднесено до різних таксонів домену *Bacteria*. До філуму *Proteobacteria*, класу *Gammaproteobacteria* віднесено грамнегативні штами 3189, 3415 (сімейство *Halomonadaceae*, *Halomonas* sp.) та 3088, 3468, 3469 (сімейство *Moraxellaceae*, *Psychrobacter* sp.). До класу *Alphaproteobacteria* цього філуму віднесено грамнегативні штами 3294, 3392 (*Rhizobiales*, сімейство *Methylobacteriaceae*, *Methylobacterium* sp.). До філуму *Actinobacteria*, класу *Actinobacteria* віднесено грампозитивні штами 3179, 3275, 3470, 3471 (сімейство *Microbacteriaceae*, *Cryobacterium* sp.), 3054, 3058, 3411 (сімейство *Corynebacteriaceae*, *Corynebacterium* sp.) та 3194, 3398 (сімейство *Micrococcaceae*, *Micrococcus* sp.). Таким чином, психрофільні та психротолерантні антарктичні бактерії (аеробні хемоорганотрофи), які ізолювані із фітоценозів та ґрунтів полярного регіону, таксономічно різноманітні.

К л ю ч о в і с л о в а: Антарктика, психротолерантні бактерії, ідентифікація, таксономічний статус.

V.A. Romanovskaya, G.V. Gladka, A.A. Tashyрева, A.O. Tashyrev

Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

## TAXONOMICAL STATUS OF THE PSYCHROTOLERANT ANTARCTIC MICROORGANISMS

### S u m m a r y

The aerobic chemoorganotrophic bacteria, dominating in soils and phytocenosis of the Antarctic Region, on combination of morphological and biochemical properties belong to several taxons of *Bacteria* domain. Gram-negative strains 3189, 3415 (fam. *Halomonadaceae*, *Halomonas* sp.) and 3088, 3468, 3469 (fam. *Moraxellaceae*, *Psychrobacter* sp.) belong to phylum *Proteobacteria*, to class *Gammaproteobacteria*. Gram-negative strains 3294 3392 (*Rhizobiales*, fam. *Methylobacteriaceae*, *Methylobacterium* sp.) relate to class *Alphaproteobacteria* of this phylum. Gram-positive strains 3179, 3275, 3470, 3471 (fam. *Microbacteriaceae*, *Cryobacterium* sp.), 3054, 3058, 3411 (fam. *Corynebacteriaceae*, *Corynebacterium* sp.) and 3194, 3398 (fam. *Micrococcaceae*, *Micrococcus* sp.) relate to phylum *Actinobacteria*, class *Actinobacteria*. Thus, the psychrophilic and psychrotolerant Antarctic bacteria (aerobic chemoorganotrophic) isolated from phytocenosis and soils of polar region are characterized by wide taxonomic variety.

The paper is presented in Russian.

K e y w o r d s: Antarctic Region, psychrotolerant bacteria, identification, taxonomical status.

The authors' address: Romanovskaya V.A., Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, National Academy of Sciences of Ukraine; 154 Acad. Zabolotny St., Kyiv, MSP, D 03680, Ukraine. E-mail: victoriaroman@ukr.net

1. *Определитель бактерий Берджи*. 9-е изд.: Пер. с англ. / Под ред. Г.А. Заварзина. – Москва: Мир, 1997. – Т. 2. – 432 с.
2. Романовская В.А., Таширев А.Б., Шилин С.О., Гладка Г.В. Распространение психрофильных микроорганизмов в наземных биотопах Антарктики // *Мікробіол. журн.* – 2012. – 74, № 1. – С. 3–8.
3. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. The Proteobacteria. Parts A + B + C. // Eds. D.J. Brenner, N.R. Krieg, J.T. Staley. – Editor-in-chief G.M. Garrity / 2nd ed., V. 2. – New York: Springer SBM, 2005. – 2800 p.
4. Bowman J.P., Cavanagh J., Austin J.J., Sanderson K. Novel *Psychrobacter* species from Antarctic ornithogenic soils // *Int. J. Syst. Bacteriol.* – 1996. – 46, N 4. – P. 841-848

5. De García V., Brizzio S., Libkind D., Buzzini P., Van Broock M. Biodiversity of cold-adapted yeasts from glacial meltwater rivers in Patagonia, Argentina // FEMS Microbiology Ecology. – 2007. – **59**, N 2. – P. 331–341
6. Large P.J., Quayle J.R. Microbial growth on C<sub>1</sub>-compounds. Enzyme activities in extracts of *Pseudomonas* AM-1 // Biochem. J. – 1963. – **87**, N 8. – P. 386–396.
7. Liu Q., Liu H., Wen Y., Zhou Y., Xin Y. *Cryobacterium flavum* sp. nov. and *Cryobacterium luteum* sp. nov., isolated from glacier ice // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. – 2012. – **62**, N 6. – P. 1296–1299
8. Liu H., Xu Y., Ma Y., Zhou P. Characterization of *Micrococcus antarcticus* sp. nov., a psychrophilic bacterium from Antarctica // Ibid. – 2000. – **50**, N 4. – P. 715–719
9. Montes M.J., Bozal N., Mercadé E. *Marinobacter guineae* sp. nov., a novel moderately halophilic bacterium from an Antarctic environment // Ibid. – 2008. – **58**, N 6. – P. 1346–1349.
10. Romanenko L.A., Tanaka N., Frolova G.M., Mikhailov V.V. *Psychrobacter fulvigenes* sp. nov., isolated from a marine crustacean from the Sea of Japan // Ibid. – 2009. – **59**, N7, – P. 1480–1486
11. Shivaji S., Chaturvedi P., Reddy G.S.N., Suresh K. *Pedobacter himalayensis* sp. nov., from the Hamta glacier located in the Himalayan mountain ranges of India // Ibid. – 2005. – **55**, N 3. – P.1083–1088
12. Shivaji S., Gundlapalli S. Reddy N., Suresh K., Gupta P., Chintalapati S., Schumann P., Stackebrandt E., Matsumoto G.I. *Psychrobacter vallis* sp. nov. and *Psychrobacter aquaticus* sp. nov., from Antarctica // Ibid. – 2005. – **55**, N 3, P. 757–762.
13. Siebert J., Hirsch P., Friedmann E.I. Characterization of 15 selected coccal bacteria isolated from Antarctic rock and soil samples from the McMurdo-Dry Valleys (South-Victoria Land) // Polar. Biol. – 1988. – **9**, N 1. – P. 37–44.
14. Suzuki K., Sasaki J., Uramoto M., Nakase T., Komagata K. (). *Cryobacterium psychrophilum* gen. nov., sp. nov., nom. rev., comb. nov., an obligately psychrophilic actinomycete to accommodate "*Curtobacterium psychrophilum*" Inoue and Komagata 1976 // Int. J. Syst. Bacteriol. – 1997. – **47**, N 3. – P. 474–478.
15. Vreeland R.H., Litchfield C.D., Martin E.L., Elliot E. *Halomonas elongata*, a New Genus and Species of Extremely Salt-Tolerant Bacteria // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. – 1980. – **30**, N 2. – P. 485–495.
16. Zhang D.C., Wang H.X., Cui H.L., Yang Y., Liu H.C., Dong X.Z., Zhou P.J. *Cryobacterium psychrotolerans* sp. nov., a novel psychrotolerant bacterium isolated from the China No. 1 glacier // Ibid. – 2007. – **57**, N 4. – P. 866–869.

Отримано 10.10.2012

Робота виконана при частичному фінансуванні об'єкта національного достояння «Коллекция микроорганизмов Института микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного НАН Украины».