

УДК 579.695+537.31+[547-386+546.72]

О. В. Тарабас, С. О. Гнатюш, А. А. Галушка, О. М. Мороз

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Університетська 1, Львів, 79000, Україна, тел.: +38(032) 239 40 53,
e-mail: otarabas@gmail.com

ПІГМЕНТИ *RHODOPSEUDOMONAS YAVOROVII* IMB B-7620

Мета. Визначення спектрів пігментів фотосинтезу пурпурових несіркових бактерій *R. yavorovii* IMB B-7620. **Методи.** Бактерії вирощували у рідкому модифікованому середовищі ATCC № 1449 і на триптонсоєвому агарі за анаеробних чи аеробних умов. Розділення пігментів здійснювали з допомогою системи вискоефективної рідинної хроматографії. **Результати.** Фотосинтезувальні пурпурові несіркові бактерії *R. yavorovii* IMB B-7620 можуть рости як за анаеробних, так і за аеробних умов культивування. В екстрактах пігментів бактерій *R. yavorovii* IMB B-7620 з використанням вискоефективної рідинної хроматографії визначено три гомологічні форми бактеріохлорофілу *a*, які мали спектри поглинання за λ_{max} = 361, 605, 770 нм. У процесі розділення каротиноїдів ідентифікували лікопін (за λ_{max} = 446, 473, 504 нм) та ангідрородовібрин (за λ_{max} = 459, 485, 519 нм). **Висновки.** У процесі одностадійного розділення пігментних сумішей з використанням вискоефективної рідинної хроматографії показано, що клітини пурпурових несіркових бактерій *R. yavorovii* IMB B-7620 за анаеробних умов культивування містять бактеріохлорофіл *a*, лікопін та ангідрородовібрин.

Ключові слова: пурпурові несіркові бактерії, каротиноїди, бактеріохлорофіли.

Життя сьогодні існує завдяки процесу фотосинтезу. Перетворення енергії світла в енергію хімічних зв'язків здійснюють рослини та фотосинтезувальні прокариоти [10]. На відміну від рослин, деякі фотосинтезувальні бактерії не використовують воду як донор електронів у процесі фотосинтезу і не виділяють кисень. Аноксигенними фотосинтетиками є пурпурові несіркові бактерії (ПНСБ), пурпурові сіркові бактерії (ПСБ), зелені сіркові та несіркові бактерії. ПНСБ є метаболічно, таксономічно та морфологічно універсальною групою мікроорганізмів. Основними пігментами фотосинтезу цих бактерій є бактеріохлорофіл *a* або *b* і каротиноїди [1].

Штами ПНСБ були використані для очищення стічних вод, акваріумних вод, сільськогосподарських стоків. Також вони можуть продукувати водень, індол-3-оцтову кислоту і 5-амінолевулінову кислоту [14].

ПНСБ можуть використовувати у процесі життєдіяльності різні органічні речовини, що забезпечує їм відносно високу швидкість росту. ПНСБ очищують водойми від сірководню і, будучи компонентами трофічних ланцю-



гів екосистем, беруть участь у процесах колообігу сполук сульфуру [1].

Rhodopseudomonas yavorovii ІМВ В-7620, виділені нами з води озера Яворівське (Львівська область, Україна) [3], здатні використовувати сульфід- та тіосульфат-йони як донори електронів у процесі аноксигенного фотосинтезу [2]. Вода озера містить підвищені концентрації сполук сульфуру, у т. ч. і сірководню. Життєдіяльність фотосинтезуючих бактерій значною мірою визначає вміст цих сполук і забезпечує умови існування для інших організмів. Синтез різних пігментів фотосинтезу дозволяє їм заселяти відповідні екологічні ніші та існувати за впливу різних чинників [1].

Метою роботи було визначення спектрів пігментів фотосинтезу пурпурових несіркових бактерій *R. yavorovii* ІМВ В-7620.

Матеріали і методи

Для досліджень використовували фототрофні пурпурові несіркові бактерії *Rhodopseudomonas yavorovii* ІМВ В-7620. Бактерії вирощували в рідкому модифікованому середовищі АТСС № 1449 у скляних ємностях об'ємом 250 мл за анаеробних умов. Як єдине джерело органічного карбону додавали 12 мМ CH_3COONa , а 1,4 мМ $\text{Na}_2\text{S}\times 9\text{H}_2\text{O}$ як донор електронів аноксигенного фотосинтезу [2]. Культивували 7 діб за температури $+27\text{--}30\text{ }^\circ\text{C}$ та умов постійного освітлення (200 лк). Як джерела освітлення використовували лампи розжарювання різної потужності. Інтенсивність освітлення вимірювали люксометром Ю116. Бактерії культивували на триптонсоєвому агарі (TSA) за аеробних умов.

Для отримання зразків пігментів клітини бактерій відокремлювали від культуральної рідини центрифугуванням (2600 г, центрифуга МОО11551) протягом 20 хв. Супернатант зливали, клітини ресуспендували в ацетоні та руйнували за $0\text{ }^\circ\text{C}$ на ультразвуковому дезінтеграторі УЗДН-2Т при 22 к Гц впродовж 5 хв. Отриману суспензію переносили в мікропробірки типу Епендорф об'ємом 2 мл та витримували її протягом 24 год за температури $-20\text{ }^\circ\text{C}$. Після цього екстракти клітин центрифугували впродовж 10 хв при 1800 г. Екстракти пігментів отримали після фільтрування відомих об'ємів супернатанту крізь мембранні фільтри з діаметром пор 0,45 мкм. Усі маніпуляції виконували за кімнатної температури та без потрапляння прямого сонячного світла, щоб уникнути фотоокиснення пігментів.

Хроматографічне розділення пігментів здійснювали з допомогою системи вискоєфективної рідинної хроматографії (ВЕРХ), що складалася з двох pomp VarianProStar 210 (Agilent Technologies, Сінгапур), хроматографічної колонки Pursuits 5 С18 (Agilent Technologies, Нідерланди), $250\times 4,6$ мм у модулі колонок Varian ProStar 500 (Agilent Technologies, Австралія), спектрофотометричного детектора з фотодіодною матрицею VarianProStar 335 (Agilent Technologies, Австралія). Як рухоми фазу використовували два розчинники: розчинник А – суміш метанолу (Sigma-Aldrich, Франція) з 1 М розчином амоній ацетату (Fluka, Нідерланди) у воді, отриманій з допомогою системи очистки води Adrona Crystal E Bio з ультрафільтром Milipore (Adrona, Латвія), 70:30; розчинник Б – суміш метанолу з етилацетатом (Альфарус, Україна) та ацетонітрилом (Lab-Scan, Польща), 50:30:20. Хроматографічне розділення по-



чинали з 50% розчинника Б. Розділення продовжували в лінійному градієнті від 50 до 100% розчинника Б впродовж 40 хв, після чого витримували за 100% розчинника Б впродовж наступних 18 хв. Час зрівноваження становив 5 хв. Перед наступним введенням зразка систему витримували з 50% розчинника Б 10 хв. Потік розчинника був 0,5 мл/хв [5]. Зразок вводили в кількості 100 мкл. Хроматограми записували за довжин хвиль 474 нм (для каротиноїдів) та 770 нм (для бактеріохлорофілів). Температура колонки становила 35 °С. Визначення пігментів здійснювали за їхніми спектрами поглинання, записаними за допомогою спектрофотометричного детектора з фотодіодною матрицею згідно даних літератури [5, 1, 13, 9].

Результати та їх обговорення

Види роду *Rhodopseudomonas* – фотосинтезувальні пурпурові несіркові бактерії, широко розповсюджені у різноманітних природних середовищах, зокрема, у ґрунті й стічних водах [4]. Багато представників пурпурових несіркових бактерій росте у темряві за мікроаерофільних та аеробних умов, отримуючи енергію внаслідок аеробного дихання [10]. Дослідження здатності бактерій *R. yavorovii* IMB B-7620 рости аеробно за освітлення показали різницю у синтезі пігментів. На відміну від анаеробних умов росту, коли колонії мали рожево-червоне забарвлення, клітини бактерій були жовтуваті або безбарвні за аеробних умов. Припускаємо, що в досліджених бактерій кисень пригнічує синтез пігментів фотосинтезу [10].

Клітини, які виростили аеробно, знову висівали у модифіковане середовище АТСС № 1449 та вирощували за анаеробних умов та освітлення. Спостерігали появу рожево-червоного забарвлення на 7 добу культивування. Культура бактерій, вирощена за цих умов, мала рожево-червоне забарвлення. Утворення внутрішньоцитоплазматичних мембран, у яких локалізований фотосинтетичний апарат, відбувається за анаеробних умов та освітлення [10].

Багато видів ПНСБ, зокрема, *Rhodopseudomonas parapalustris*, *Rhodopseudomonas harwoodiae*, *Rhodopseudomonas pseudopalustris* і *Rhodopseudomonas palustris* [15] утворюють бактеріохлорофіл *a*. Окрім *R. yavorovii* IMB B-7620, бактеріохлорофіл *a* синтезують пурпурові сіркові бактерії *Thiocapsa litoralis*, *Thiocapsa roseopersicina*, *Thiocapsa pendens*, *Thiocapsa rosea*, *Thiocapsa marina* [7].

У зелених сіркових бактерій *Chlorobium limicola* [5] та *Chlorobium phaeobacteroides* [11] ідентифіковані по три гомологічні форми: Бхл *c1*, Бхл *c2*, Бхл *c3* та Бхл *e1*, Бхл *e2*, Бхл *e3*, відповідно. У зелених сіркових бактерій *Chlorobium thiosulfatophilum* ідентифіковані лише Бхл *d1* та Бхл *d2* (за λ_{\max} = 658, 427 нм) [11]. Спектральні властивості пігментів у клітині визначаються взаємодією молекул між собою, а також з ліпідами і білками фотосинтезувальних мембран [1]. Деякі ПНСБ *Thioflavococcus mobilis*, *Thiococcus pfennigii*, *Thioalkalicoccus limnaeus* синтезують бактеріохлорофіл *b*, що характеризується максимумом поглинання у суспензіях клітин *in vivo* за довжини хвилі 1025 нм [12]. Тому пурпурові бактерії можуть рости не тільки у видимій ділянці спектру, але й у ближній інфрачервоній. Цією властивістю користуються для отримання нагромаджувальних культур мікроорганізмів, особливо



тих, які синтезують бактеріохлорофіл *b* [1].

Екстракти пігментів бактерій *R. yavorovii* IMV B-7620 розділяли з використанням ВЕРХ. Було визначено три гомологічні форми бактеріохлорофілу *a* (Бхл *a1*, Бхл *a2*, Бхл *a3*) (рис. 1). Гомологи мали спектри поглинання за λ_{\max} = 361, 605, 770 нм. Кількість гомологів бактеріохлорофілу може бути різною і залежить від виду бактеріохлорофілу, а також таксономічної групи бактерій [5].

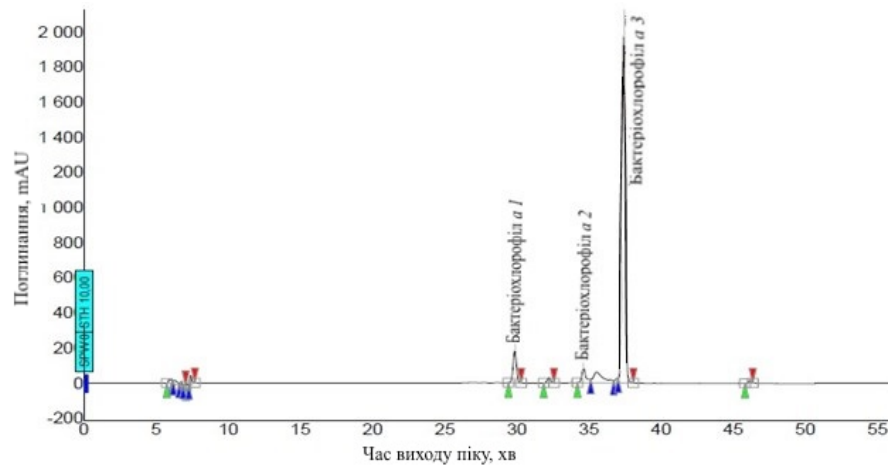


Рис. 1. Гомологічні форми бактеріохлорофілу *a* *R. yavorovii* IMV B-7620, виявлені з використанням ВЕРХ ($\lambda=770$ нм)

Fig. 1. Homologous forms of bacteriochlorophyll *a* of *R. yavorovii* IMV B-7620, determined with using of HPLC ($\lambda=770$ nm)

До складу фотосинтетичних одиниць фототрофних мікроорганізмів входять також каротиноїди. Вони не лише поглинають енергію світла та передають її через бактеріохлорофіли до реакційних центрів і систем транспортування електронів, але й виконують фотопротекторну функцію [10]. Вони є поліізопреноїдними сполуками. Їх поділяють на дві основні групи: каротини або вуглеводневі каротиноїди, які складаються з атомів карбону та водню; ксантофіли, які є окисенованими вуглеводневими похідними, що містять принаймі одну окисеновану функціональну групу, таку як гідроксил, кето-, епокси-, метокси-групи [6].

Максимуми поглинання каротиноїдів знаходяться у межах довжин хвиль 450–600 нм. Саме в цій ділянці спектру було зафіксовано відмінності у спектральних властивостях екстрактів пігментів бактерій *R. yavorovii* IMV B-7620. Використовуючи ВЕРХ при розділенні каротиноїдів, вдалося ідентифікувати лікопін (за λ_{\max} = 446, 473, 504 нм) та ангідрородовібрин (за λ_{\max} = 459, 485, 519 нм) (рис. 2, 3). Спектральні властивості цих пігментів були близькими до описаних максимумів поглинання, але не ідентичними, ймовірно, через використання різних розчинників для екстракції. Численні інші неідентифіковані піки речовин, які ймовірно були пігментами, не вдалося ідентифікувати у досліджуваних зразках (рис. 2).



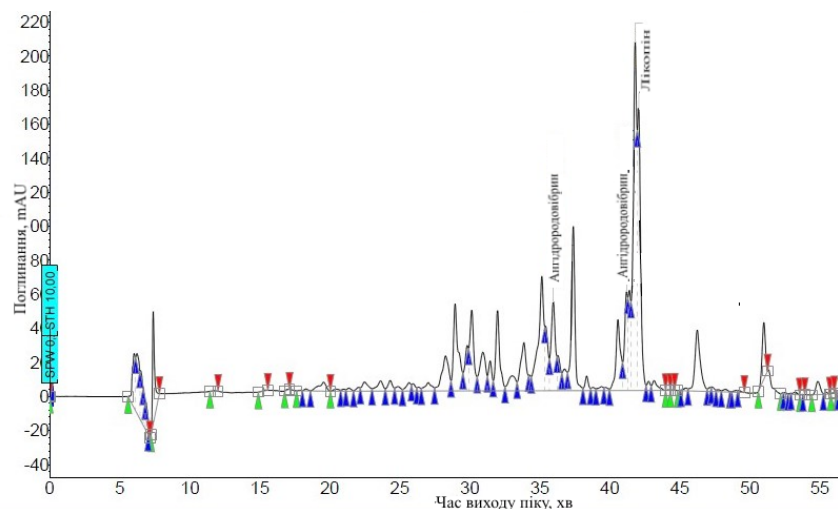


Рис. 2. Каротиноїди *R. yavorovii* IMB B-7620, визначені з використанням ВЕРХ ($\lambda=474$ нм)

Fig. 2. Carotenoids of *R. yavorovii* IMV B-7620, determined with using of HPLC ($\lambda=474$ nm)

Лікопін та ангідрородовібрин належать до каротиноїдів спірилоксантинового ряду. У пурпурових несіркових бактерій *Rhodospirillum rubrum* описано шлях біосинтезу лікопіну як проміжного каротиноїду та кінцевого спірилоксантину [8].

Можна припустити, що лікопін, синтезований клітинами бактерій *R. yavorovii* IMB B-7620, є проміжним продуктом, оскільки пігменти були визначені у клітинах, які перебували у середині експоненційної фази росту.



Рис. 3. Спектри поглинання лікопіну та ангідрородовібрину пурпурових несіркових бактерій *R. yavorovii* IMB B-7620 в органічних розчинниках

Fig. 3. Absorption spectra of lycopene and anhydrohodovibrin of purple non-sulfur bacteria *R. yavorovii* IMV B-7620 in organic solvents

Наявність ангідрородовідрину у клітинах бактерій також свідчить про те, що кінцевим синтезованим каротиноїдом може бути спірилоксантин. Завдяки лікопіну клітини *R. yavorovii* IMB B-7620 мають червоне забарвлення.

Отже, за спектрами поглинання пігментів та з використанням даних літератури встановили, що клітини *R. yavorovii* IMB B-7620 за анаеробних умов містять бактеріохлорофіл *a*, лікопін та ангідрородовібрин.

O. V. Tarabas, S. O. Hnatush, A. A. Halushka, O. M. Moroz

Ivan Franko National University of Lviv,
1, Universytetska Str., Lviv, 79000, Ukraine; tel.: (032) 239 40 53,
e-mail: otarabas@gmail.com

PIGMENTS OF *RHODOPSEUDOMONAS YAVOROVII* IMV B-7620

Summary

Aim. Determination of spectra of photosynthetic pigments of the purple non-sulfur bacteria *R. yavorovii* IMV B-7620. **Methods.** Bacteria were grown in liquid modified medium of ATCC No. 1449 and tryptic soy agar under anaerobic or aerobic conditions, respectively. Separation of pigments was conducted by using the system of high-performance liquid chromatography. **Results.** The photosynthetic purple non-sulfur bacteria *R. yavorovii* IMV B-7620 can grow both under anaerobic and aerobic conditions of cultivation. In extracts of bacteria *R. yavorovii* IMV B-7620 pigments with the use of high-performance liquid chromatography three homologous forms of bacteriochlorophyll *a* were determined which had absorption spectra at λ_{max} = 361, 605, 770 nm. In the process of separating carotenoids, lycopene (at λ_{max} = 446, 473, 504 nm) and anhydrorhodovibrin (at λ_{max} = 459, 485, 519 nm) were identified. **Conclusions.** In the process of one-step separation of pigment mixtures with the use of high-performance liquid chromatography, it has been shown that cells of purple non-sulfur bacteria *R. yavorovii* IMV B-7620 under anaerobic conditions of cultivation contain bacteriochlorophyll *a*, lycopene and anhydrorhodovibrin.

Key words: purple non-sulfur bacteria, carotenoids, bacteriochlorophylls.

O. V. Тарабас, С. А. Гнатуш, А. А. Галушка, О. М. Мороз

Львовский национальный университет имени Ивана Франко,
ул. Университетская, 1, Львов, 79000, Украина; тел.: (032) 239 40 53,
e-mail: otarabas@gmail.com

ПИГМЕНТЫ *RHODOPSEUDOMONAS YAVOROVII* ИМВ В-7620

Реферат

Цель. Определение спектров пигментов фотосинтеза пурпурных несерных бактерий *R. yavorovii* ИМВ В-7620. **Методы.** Бактерии выращивали в жидкой модифицированной среде АТСС № 1449 и на триптонсоевом агаре



в анаэробных или аэробных условиях. Разделение пигментов осуществляли с помощью системы высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Результаты. Фотосинтезирующие пурпурные несерные бактерии *R. yavorovii* IMB B-7620 могут расти как в анаэробных, так и в аэробных условиях культивирования. В экстрактах пигментов бактерий *R. yavorovii* IMB B-7620 с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии определены три гомологические формы бактериохлорофилла *a*, которые имели спектры поглощения при λ_{max} = 361, 605, 770 нм. В процессе разделения каротиноидов идентифицировали ликопин (при λ_{max} = 446, 473, 504 нм) и ангидрородовибрин (при λ_{max} = 459, 485, 519 нм). **Выводы.** В процессе одностадийного разделения пигментных смесей с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии показано, что клетки пурпурных несерных бактерий *R. yavorovii* IMB B-7620 в анаэробных условиях культивирования содержат бактериохлорофилл *a*, ликопин и ангидрородовибрин.

Ключевые слова: пурпурные несерные бактерии, каротиноиды, бактериохлорофиллы.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кондратьева Е. Н., Максимова И. В., Самуилов В. Д. Фототрофные микроорганизмы. – М.: Изд. Моск. ун-та, 1989. – 374 с.
2. Тарабас О. В., Гнатуш С. О., Мороз О. М., Василечко В. О., Гришук Г. В., Звір Г. І., Комплікевич С. Я. Використання сульфід- та тіосульфат-йонів пурпуровими несірковими бактеріями *Rhodopseudomonas yavorovii* // Biosystems Diversity. – 2017. – 25, № 3 – С. 181–185.
3. Тарабас О., Гнатуш С., Остап Б., Мутенко Г., Кошля О. Ідентифікація пурпурових несіркових бактерій *Rhodopseudomonas* sp. Ya-2016 // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. – 2017. – 75. – С. 140–145.
4. Bent S. J., Gucker C. L., Oda Y., Forney L. J. Spatial distribution of *Rhodopseudomonas palustris* ecotypes on a local scale // Appl. Environ. Microbiol. – 2003. – 69. – P. 7–5192.
5. Borrego C. M., Garcia-Gil L. J. Separation of bacteriochlorophyll homologues from green photosynthetic sulfur bacteria by reversed-phase HPLS // Photosynth. Research. – 1994. – 41. – P. 157–163.
6. Britton G. Structure and properties of carotenoids in relation to function // The FASEB Journ. – 1995. – 9, № 15. – P. 1551–1558.
7. Caumette P., Guyoneaud R., Imhoff J. F., Suling J., Gorlenko V. *Thiocapsa marina* sp. nov., a novel, okenone-containing purple sulfur bacterium isolated from brackish coastal and marine environments // Int. J. of Syst. and Evol. Microbiol. – 2004. – 54. – P. 1031–1036.
8. Davies B.H. A novel sequence for phytoene dehydrogenation in *Rhodospirillum rubrum* // Biochem. J. – 1970. – 116. – P. 93–99.
9. Frigaard N.-U., Larsen K.L., Cox R.P. Spectrochromatography of photosynthetic pigments as a fingerprinting technique for microbial phototrophs // FEMS Microbiol. Ecol. – 1996. – 20. – P. 69–77.
10. Hu X., Ritz T., Damjanovic A., Autenrieth F., Schulten K. Photosynthetic apparatus of purple bacteria // Quarterly Rev. Biophys. – 2002. – 35, № 1. – P. 1–62.



11. Hurley J. P., Watras C.J. Identification of bacteriochlorophylls in lakes via reverse-phase HPLC // *Limnol. Oceanogr.* –1991. – 36, № 2. – P. 307–315.
12. Imhoff J. F., Pfennig N. *Thioflavicoccus mobilis* gen. nov., sp. nov., a novel purple sulfur bacterium with bacteriochlorophyll *b* // *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* – 2001. – 51. – P. 105–110.
13. Nelis H. J., De-Leenheer A.P. Profiling and quantitation of bacterial carotenoids by liquid chromatography and photodiode array detection // *Appl. Environ. Microbiol.* – 1989. – 55, № 12. – P. 3065–3071.
14. Rajani B., Sunil Kumar R., Uma Devi M., Nayak J.B. Role of purple non-sulfur bacteria *Rhodopseudomonas palustris* RSOU000 and *Rhodopseudomonas thermotolerance* RSOU555 in waste water treatment // *World J. of Pharmacy and Pharmaceutical Sci.* – 2016. – 5, № 8. – P. 1379–1387.
15. Ramana V. V., Chakravarthy S. K., Raj P. S., Kumar B. V., Shobha E., Ramaprasad E.V.V., Sasikala Ch., Ramana Ch.V. Descriptions of *Rhodopseudomonas parapalustris* sp. nov., *Rhodopseudomonas harwoodiae* sp. nov. and *Rhodopseudomonas pseudopalustris* sp. nov., and emended description of *Rhodopseudomonas palustris* // *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* – 2012. – 62. – P. 1790–1798.

References

1. Kondratieva EN, Maksimova IV, Samuilov VD. Phototrophic microorganisms. Moscow: Moscow University Publishing House, 1989. 374 p (in Russian).
2. Tarabas OV, Hnatush SO, Moroz OM, Vasylechko VO, Gryshchouk GV, Zvir GI, Komplikevych SYa. The usage of sulfide and thiosulfate ions by purple non-sulfur bacteria *Rhodopseudomonas yavorovii*. *Biosystems Diversity.* 2017; 25(3):181–185 (in Ukrainian).
3. Tarabas O, Hnatush S, Ostash B, Mutenko G, Koshla O. Identification of purple non-sulfur bacteria *Rhodopseudomonas* sp. Ya-2016. *Visnyk Lviv. Univ. Ser. Biol.* 2017; (75):140–145 (in Ukrainian).
4. Bent SJ, Gucker CL, Oda Y, Forney LJ. Spatial distribution of *Rhodopseudomonas palustris* ecotypes on a local scale. *Appl. Environ. Microbiol.* 2003; (69):7–5192.
5. Borrego CM, Garcia-Gil LJ. Separation of bacteriochlorophyll homologues from green photosynthetic sulfur bacteria by reversed-phase HPLS. *Photosynthesis Research.* 1994; (41):157–163.
6. Caumette P, Guyoneaud R, Imhoff JF, Suling J, Gorlenko V. *Thiocapsa marina* sp. nov., a novel, okenone-containing purple sulfur bacterium isolated from brackish coastal and marine environments. *Int. J. of Syst. and Evol. Microbiol.* 2004; (54):1031–1036.
7. Davies BH. A novel sequence for phytoene dehydrogenation in *Rhodospirillum rubrum*. *Biochem. J.* 1970; (116):93–99.
8. Britton G. Structure and properties of carotenoids in relation to function. *The FASEB Journ.* 1995; 9(15):1551–1558.
9. Frigaard NU, Larsen KL, Cox RP. Spectrochromatography of photosynthetic pigments as a fingerprinting technique for microbial phototrophs. *FEMS Microbiol.*



Ecol. 1996; (20):69–77.

10. Hu X, Ritz T, Damjanovic A, Autenrieth F, Schulten K. Photosynthetic apparatus of purple bacteria. *Quarterly Rev. Biophys.* 2002; 35(1):1–62.

11. Hurley JP, Watras CJ. Identification of bacteriochlorophylls in lakes via reverse-phase HPLC. *Limnol. Oceanogr.* 1991; 36(2):307–315.

12. Imhoff JF, Pfennig N. *Thioflaviccoccus mobilis* gen. nov., sp. nov., a novel purple sulfur bacterium with bacteriochlorophyll *b*. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2001; (51):105–110.

13. Nelis HJ, De-Leenheer AP. Profiling and quantitation of bacterial carotenoids by liquid chromatography and photodiode array detection. *Appl. Environ. Microbiol.* 1989; 55(12):3065–3071.

14. Rajani B, Sunil Kumar R, Uma Devi M, Nayak JB. Role of purple non-sulfur bacteria *Rhodopseudomonas palustris* RSOU000 and *Rhodopseudomonas thermotolerance* RSOU555 in waste water treatment. *World J. of Pharmacy and Pharmaceutical Sci.* 2016; 5(8):1379–1387.

15. Ramana VV, Chakravarthy SK, Raj PS, Kumar BV, Shobha E, Ramaprasad EVV, Sasikala Ch, Ramana ChV. Descriptions of *Rhodopseudomonas parapalustris* sp. nov., *Rhodopseudomonas harwoodiae* sp. nov. and *Rhodopseudomonas pseudopalustris* sp. nov., and emended description of *Rhodopseudomonas palustris*. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2012; (62):1790–1798.

Стаття надійшла до редакції 23.01.2018 р.

