

REFERENCES

1. Dobrovolskiy G.V., Babjeva I.P., Bogatyriov L.G. (2003). *Strukturno-funkcionalnaya rol' pochv i pochvennoi bioty v biosfere* [Structural and functional role of soils and soil biota in the biosphere]. Moskva: Science Publ., 364 p. (in Russian).
2. Nannipieri P., Ascher J., Ceccherini M. (2003). Microbial diversity and soil functions. *European Journal of Soil Science*, Moscow, Vol. 54, pp. 655–670 (in English).
3. Fierer N., Jackson R.B. (2006). The diversity and biogeography of soil bacterial communities, *PNAS*, Vol. 103, No. 3, pp. 626–631 (in English).
4. Patyka M.V., Tanchyk S.P., Kolodyazhnyi O.U. (2012). *Formuvannya bioriznomanitnya ta filotypovoi struktury eubakterialnoho kompleksu chornozemu tyrovoho pry vyroshchuvanni psenytsi ozymoi* [The formation of biodiversity and phylotypical structure of eubakterial complex of typical chernozem in the process of growing winter wheat]. *Dopovidy NAN Ukrainy* [Reports of NAS of Ukraine]. No. 11, pp. 163–171 (in Ukrainian).
5. Buscot F. (2005). *Microorganisms in Soils: Roles in Genesis and Functions*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 419 p. (in English).
6. Chau J.F., Bagtzoglou A.C., Wilig M.R. (2011). The effect of soil texture on richness and diversity of bacterial communities, *Environ Forensics*, Vol. 12, pp. 333–341 (in English).
7. Volkogon V.V., Nadkernychna O.V., Tokmakova L.M. (2010). *Experymentalna gruntova mikrobiolohiya: monohrafiya* [Experimental soil microbiology: Monograph]. Kyiv: Ahrarna nauka Publ., 464 p. (in Ukrainian).
8. Zvyaginets D.G. (1991). *Metody pochvennoi mikrobiologii i biohimii* [The methods of soil microbiology and biochemistry]. Moskva: MGU Publ., 304 p. (in Russian).
9. Aristovskaya T.V., Vladimirskaia M.E., Gollerbah M.M. (1962). *Bolshoi praktikum po mikrobiologii* [Big Practicum of Microbiology]. Moskva: Vysshaya shkola Publ., 492 p. (in Russian).

УДК 579.266.4:574.34

**ЧИСЕЛЬНІСТЬ ЕКОЛОГО-ТРОФІЧНИХ ГРУП
МІКРООРГАНІЗМІВ ЯЗІВСЬКОГО РОДОВИЩА СІРКИ**

О.М. Чайка, Т. Б. Перетятко, С.П. Гудзь

Львівський національний університет імені Івана Франка

Досліджено чисельність основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів на території Язівського родовища сірки. Встановлено, що чисельність усіх еколого-трофічних груп аеробних мікроорганізмів у ґрунті на глибині 50 см знижується порівняно із відповідним показником на глибині 30 см. У воді виявлено найменше бактерій усіх еколого-трофічних груп. З'ясовано, що в усіх пробах ґрунту і води, відібраних на території Язівського родовища сірки, переважають ацидофільні безбарвні сіркоокиснювальні бактерії. Значно нижчою є чисельність нейтрофільних безбарвних сіркоокиснювальних бактерій, анаеробних мікроорганізмів, сірководновловальних, сульфатвідновлювальних бактерій у ґрунті, мулі, воді тощо. У контрольних зразках ґрунту біля джерела і води у с. Раковець денітрифікувальних бактерій не виявлено, окрім мулу, де їх міститься незначна кількість.

Ключові слова: еколого-трофічні групи мікроорганізмів, гідроген сульфід, сульфур, нітроген, карбон.

У другій половині минулого століття гірничо-видобувні підприємства, що проєктувалися в 50–60-ті роки і передбачали відкритий спосіб видобування сірки, стали

нерентабельними. Тому виникла необхідність ліквідації гірничих об'єктів та відновлення ландшафту навколо найбільших сірчаних кар'єрів, розташованих на території Львівської області [1].

© О.М. Чайка, Т. Б. Перетятко, С.П. Гудзь, 2017

Для Яворівського підприємства з видобування сірки було відведено 74 км² земель. У 1998 р. сірчаний кар'єр було затоплено водою, нині його площа становить 1080 га. На місці кар'єра утворилося велике штучне озеро Яворівське, площа якого сягає понад 700 га [2].

У процесі видобутку корисних копалин відкритим способом руйнуються компоненти природного біогеоценозу, внаслідок чого утворюються техногенні ландшафти, рекультивация яких спричиняє формування якісно нових біогеоценозів, мікробіоценозів. Їхні компоненти вступають у тісну взаємодію між собою і з гірською породою, винесеною на поверхню з недоступної раніше глибини. Як наслідок, формуються нові угруповання мікроорганізмів, яким немає аналогів у природі [3–5].

Діяльність сірчаних підприємств спричинила корінні зміни рельєфу, погіршення родючості ґрунтів, що негативно позначається на рості та розвитку живих організмів. Формування техногенного ландшафту навколо Язівського сіркового родовища су-

проводжується створенням нової мікрозони, в якій безпосередньо змінюються умови навколишнього природного середовища. Оскільки ґрунт є середовищем існування багатьох мікроорганізмів, то важливим було провести мікробіологічний контроль його основних еколого-трофічних груп на території вказаного родовища.

Мета роботи — дослідити розповсюдження на території Язівського родовища сірки сірковідновлювальних бактерій та інших еколого-трофічних груп мікроорганізмів, які беруть участь у процесах ґрунтоутворення, а також у кругообігу сполук сульфуру, карбону і нітрогену.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктом дослідження були зразки ґрунту з берегової смуги, мулу та води оз. Яворівське (з боку с. Терновиця, координати місцевості: N 49° 56,394', E 23° 27,627') на території Язівського родовища сірки (Яворівський р-н, Львівська обл.) з різних глибин (табл. 1). Ґрунт біля озера заріс густим шаром трави. Контролем

Таблиця 1

Місце відбору проб та їх загальна характеристика

Проба	Місце відбору проб	Глибина відбору, см	pH ґрунту	Вологість ґрунту, %	Температура ґрунту, °C
<i>Територія Язівського родовища сірки</i>					
Ґрунт 1	Родовище сірки	30	8,31	16,5	14
Ґрунт 2	Родовище сірки	50	8,1	21,3	14
Мул	Яворівське озеро	50	7,78	33,3	10
Вода	Яворівське озеро	40	7,51	–	10
<i>с. Раковець</i>					
Ґрунт 1	Біля джерела	30	4,85	13	20
Ґрунт 2	Біля джерела	50	5,00	5	19
Вода	Джерело	30	7,86	–	5
Мул	Джерело	20	7,6	44	5
<i>Відвали шахт</i>					
Візейська 1	Підніжжя	30	5,18	16,9	19
Візейська 2	Підніжжя	50	4,6	12,2	18
ЦЗФ 1	Вершина	30	3,31	9,4	19
ЦЗФ 2	Вершина	50	3,34	11,4	18

були вода і мул, а також ґрунт біля джерела в с. Раковець (Пустомитівський р-н, Львівська обл.), не забруднені сполуками сульфуру. Проби ґрунту відбирали за 100 м від джерела у лісі. Для порівняння чисельності сірководновлювальних бактерій також відбирали проби породи відвалу вугільної шахти Центральної збагачувальної фабрики (ЦЗФ) — на вершині відвалу з голим субстратом, а також породи відвалу вугільної шахти «Візейська» — з підніжжя відвалу. Ці відвали розташовуються у Червоноградському гірничопромисловому районі і характеризуються високим умістом сполук важких металів. Проби відбирали весною, у травні.

Для виділення сапрофітних бактерій використовували м'ясо-пептонний агар (МПА); мікроскопічних грибів і дріжджів — сусло-агар; сульфатвідновлювальних — середовище Постгейта В; сірководновлювальних бактерій — середовище Постгейта В без сульфатів, з додаванням елементної сірки; олігонітрофільних — середовище Ешбі; нітрифікувальних — середовище Виноградського; денітрифікувальних — середовище Гільгата; для мікроорганізмів, що використовують мінеральні форми нітрогену, — крохмально-аміачне середовище; для безбарвних нейтрофільних сіркоокиснювальних бактерій — середовище Бейеринка, ацидофільних — середовище Сільвермана — Люндгрена 9К. Для культивування целюлозоруйнівних бактерій використовували середовище Гетченсона із фільтрувальним папером. Чисельність целюлозоруйнівних мікроорганізмів встановлювали за обростанням грудочок ґрунту, приймаючи загальну їх кількість за 100% та вираховуючи у відсотках кількість оброслих грудочок [6–8].

Аеробні мікроорганізми вирощували на чашках Петрі, що містили 20–30 мл агаризованого селективного середовища, у термостаті при 30°C, анаеробні — при 30°C у пробірках об'ємом 25 мл, закупорених гумовими пробками [9].

Кислотність ґрунтового розчину визначали на електронному приладі рН-150М [10].

Підрахунок чисельності колоній утворювальних одиниць (КУО) в 1 мл води і 1 г ґрунту здійснювали на твердих середовищах, з урахуванням розведення та вологості проб ґрунту; у рідких середовищах — методом граничних розведень за таблицею Мак-Креді [8].

Усі дослідження проводили у трикратній повторності. Визначали основні статистичні показники. Отримані результати опрацьовували статистично, використовуючи програму Microsoft Excel 2007; діаграми побудовано за допомогою програми Origin 6.1.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Важливе значення для розвитку мікроорганізмів має рН середовища. Відомо, що ґрунти мають різні значення рН — від кислого (рН 1–5) до лужного (рН 8–10) [11, 12]. Стабільність рН ґрунтового розчину підтримується завдяки буферним властивостям ґрунту. Кислотність ґрунту впливає на електричний заряд клітин, стан їх мембран, окисно-відновні реакції. Також слід зважати на «рН-ефект», сутність якого зводиться до того, що на межі розділу негативно зарядженого адсорбенту (частинки ґрунту) і рідини рН відрізняється від значення безпосередньо у розчині на 0,5–2. Тобто значення рН плаваючих клітин порівняно з адсорбційними зміщуються до кислого середовища на 0,5–2 од. На межі розподілу адсорбенту і ґрунтового розчину концентруються іони водню, а також органічні речовини. Вони створюють різні окисно-відновні системи, які формують специфічні умови існування, відмінні від тих, що є у розчинах [12]. Переважна більшість ґрунтових мікроорганізмів ростуть в умовах рівня рН 5,0–9,0, оптимальним для них є рН 6,8–8,0 [11]. Дослідження кислотності ґрунту, мулу і води Язівського родовища сірки засвідчили, що рН усіх зразків є слаболужним (7,51–8,3), тобто у межах норми. Кислотність мулу і води джерела поблизу с. Раковець виявилась нейтральною (рН 7,6), а кислотність ґрунту — слабокислою (рН 5,0); значення рН ґрунту відвалів вугільної шахти «Візей-

ська» є слабокислим (4,6–5,15), а ЦЗФ – кислим (3,3). Високу кислотність ґрунту відвалів зумовлено значною кількістю у породі сульфурвмісного мінералу піриту (близько 1–4%) з домішками арсену і ртуті. За впливу вологи, кисню і дії тіонових бактерій *Thiobacillus sp.* відбувається окиснення піриту з утворенням сульфатної кислоти [13].

Мікробіологічний аналіз засвідчив, що чисельність усіх еколого-трофічних груп

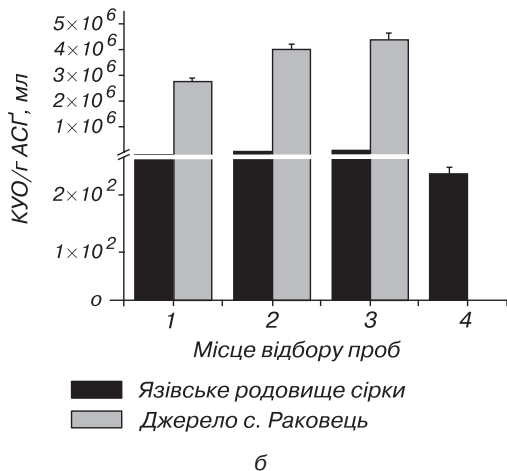
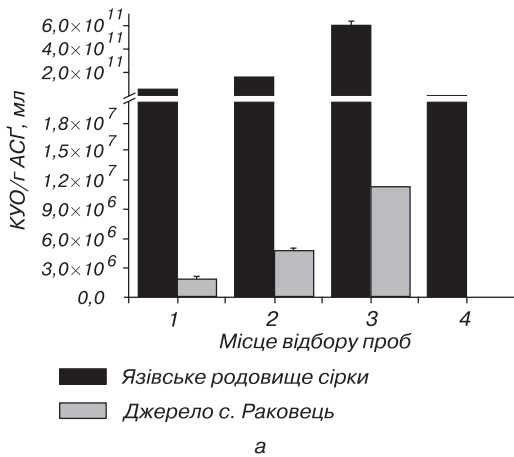


Рис. 1. Загальна чисельність безбарвних ацидофільних (а) і нейтрофільних (б) сіркоокиснювальних бактерій у водоймі і зразках ґрунту Язівського родовища сірки та джерела с. Раковець: 1 – ґрунт, відібраний на глибині 30 см; 2 – на глибині 50 см; 3 – мул; 4 – вода

аеробних мікроорганізмів у ґрунті на глибині 50 см знижується порівняно із відповідним показником на глибині 30 см, що, очевидно, зумовлено низькою концентрацією кисню і зниженням температури. У воді виявлено найменшу чисельність бактерій усіх еколого-трофічних груп, що можна пояснити низькою концентрацією поживних речовин.

Аналіз загальної чисельності бактерій Язівського родовища сірки продемонстрував, що в усіх пробах переважають аеробні ацидофільні безбарвні сіркоокиснювальні бактерії (рис. 1-а), які окислюють сполуки сульфуру. Їх чисельність у ґрунті і мулі на глибині 30 см є майже однаковою – $(6 \pm 0,3) \cdot 10^{11}$ – $(12,9 \pm 0,3) \cdot 10^{11}$ КУО/г абсолютно сухого ґрунту (АСГ). На глибині 50 см їх чисельність зменшується у 5 разів. У ґрунті біля джерела с. Раковець чисельність цих бактерій значно зменшується до $(1,8 \pm 0,12) \cdot 10^6$ – $(1,12 \pm 0,05) \cdot 10^7$ КУО/г АСГ, як і у воді – до $(3,2 \pm 0,16) \cdot 10^9$ КУО/мл.

Зауважимо, що чисельність аеробних нейтрофільних безбарвних сіркоокиснювальних бактерій є значно нижчою порівняно із кількістю аеробних ацидофільних безбарвних сіркоокиснювальних бактерій, а саме: у ґрунті і мулі – від $(9,6 \pm 0,5) \cdot 10^4$ до $(1,2 \pm 0,01) \cdot 10^5$ КУО/г АСГ, у воді – $(2,7 \pm 0,13) \cdot 10^2$ КУО/мл. У пробах ґрунту біля джерела с. Раковець і мулу кількість бактерій є значно вищою – $(2,8 \pm 0,14) \cdot 10^6$ – $(4,1 \pm 0,2) \cdot 10^6$ КУО/г АСГ, окрім проб води, де бактерій цієї еколого-трофічної групи не виявлено (рис. 1-б).

Трансформація сульфурвмісних сполук, загалом, складається з двох протилежних процесів: окиснення відновних сполук сульфуру до сірки та сульфату і відновлення окиснених сполук сульфуру до гідроген сульфіді [14]. Чисельність анаеробних сульфат- і сірководнювальних бактерій, що відновлюють оксоаніони сульфуру і елементну сірку до гідроген сульфіді, збільшується із глибиною профілю (рис. 2-а). У ґрунті їх загальна чисельність становить $(1,15 \pm 0,2) \cdot 10^4$ – $(8,1 \pm 0,3) \cdot 10^4$ КУО/г АСГ, мулі – $(3,5 \pm 0,22) \cdot 10^3$ КУО/г АСГ, у воді їх – незначна кількість (14 КУО/мл).

Порівняно із пробами ґрунту біля джерела с. Раковець і його мулу чисельність сірководновловальних бактерій є вищою, а саме: у ґрунті – в 4 рази, мулі – у 30 разів, у воді бактерій не виявлено (рис. 2-а). Результати дослідження загальної чисельності сірководновловальних бактерій у пробах ґрунту відвалів шахт ЦЗФ і «Візейська» свідчать, що на відвалі першої на глибині 30 і 50 см сірководновловальних бактерій не виявлено, а на відвалі останньої – їх незначна кількість.

Чисельність сульфатвідновлювальних бактерій у ґрунті і мулі порівняно з сірководновловальними бактеріями є меншою – $(1,9 \pm 0,05) \cdot 10^3$ – $(3,3 \pm 0,2) \cdot 10^3$ КУО/г АСГ, у воді їх не виявлено (рис. 2-а). У пробах ґрунту біля джерела с. Раковець і його мулу чисельність сульфатвідновлювальних бактерій є вищою в 20 разів, що, очевидно, зумовлено високим вмістом сульфату.

Мікроорганізми утилізують як органічний, так і неорганічний нітроген, трансформуючи його з однієї форми в іншу [14]. Про активні процеси метаболізму сполук нітрогену свідчить наявність значної чисельності нітрифікувальних бактерій – $(1,1 \pm 0,01) \cdot 10^4$ – $(2 \pm 0,1 \cdot 10^6)$ КУО/г АСГ, які окислюють амоній до нітрату. Порівняно із пробами ґрунту біля джерела с. Раковець, загальна чисельність нітрифікувальних бактерій у ґрунті Язівського родовища сірки є вищою у 1,5–5 разів (рис. 2-б). Нітрифікувальним бактеріям належить провідна роль у біохімічному вивітрюванні гірських порід, оскільки внаслідок окиснення амонію до нітрату руйнується кристалічна ґратка мінералів. За наявності іонів Na^+ і K^+ утворюються натрієва і калійна селітра (NaNO_3 , KNO_3) [14]. Відомо, що нітрати – важливе джерело нітрогену для рослин. Нітрати є значно рухливими, легко вимиваються з ґрунту, можуть відновлюватись внаслідок денітрифікації до молекулярного нітрогену [15].

За дії денітрифікувальних бактерій в анаеробних умовах відбувається протилежний нітрифікації процес – відновлення нітратів і нітритів до окису і закису нітрогену або до молекулярного нітрогену чи

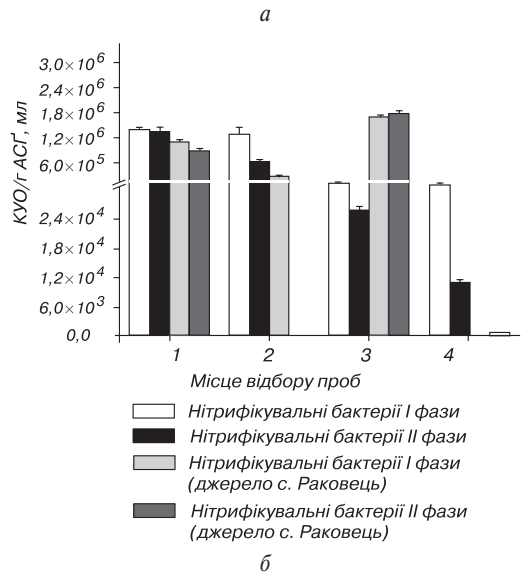
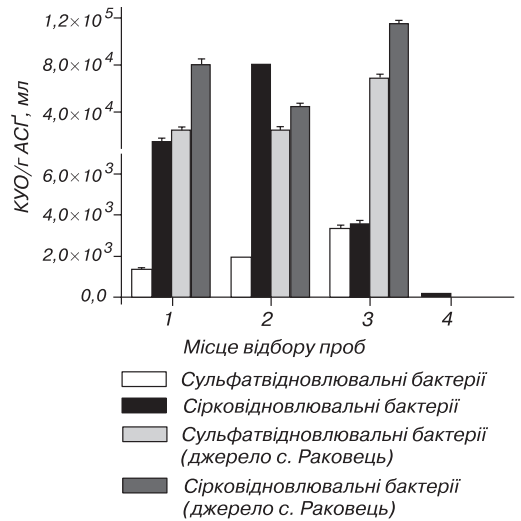


Рис. 2. Загальна кількість сульфат- і сірководновловальних (а) та нітрифікувальних бактерій (б) у водоймі і ґрунтах Язівського родовища сірки та джерела с. Раковець: 1 – ґрунт, відібраний на глибині 30 см; 2 – на глибині 50 см; 3 – мул; 4 – вода

аміаку. Чисельність денітрифікувальних бактерій у воді Язівського родовища сірки виявилась дуже низькою – 25 КУО/мл, у ґрунті – $(1,6 \pm 0,15) \cdot 10^4$ КУО/г АСГ, у мулі – $(2,0 \pm 0,1) \cdot 10^2$ КУО/г АСГ. У ґрунті біля

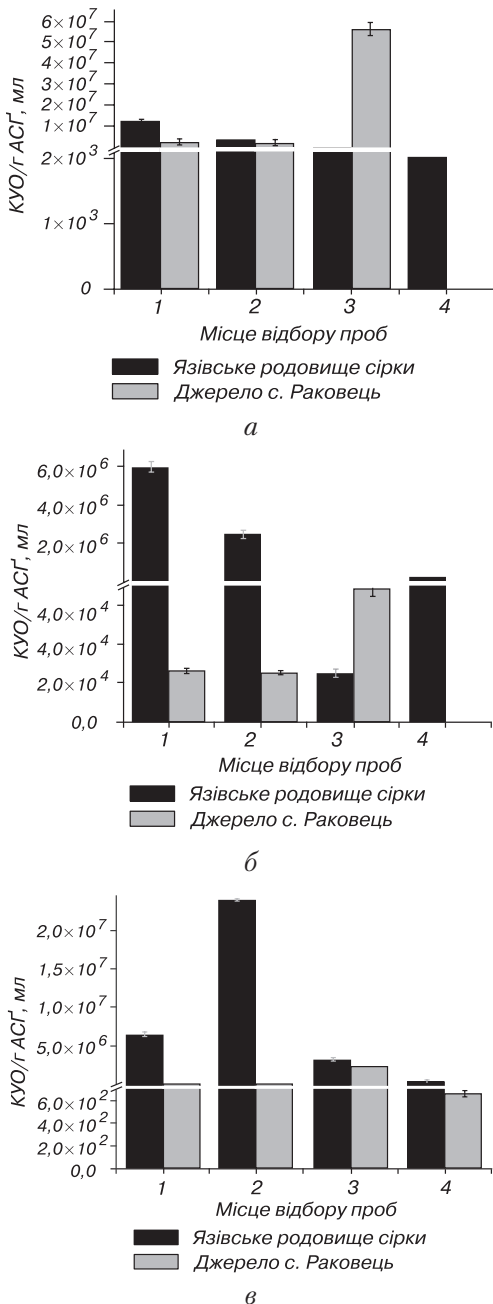


Рис. 3. Загальна чисельність олігонітрофільних мікроорганізмів (а); тих, що використовують мінеральні форми нітрогену (б) і сапрофітних мікроорганізмів (в) у водоймі і ґрунтах Язівського родовища сірки та джерела с. Раковець: 1 — ґрунт, відібраний на глибині 30 см; 2 — на глибині 50 см; 3 — мул; 4 — вода

джерела с. Раковець і його воді денітрифікувальних бактерій майже не виявлено, натомість у мулі зафіксовано $(1,7 \pm 0,1) \cdot 10^2$ КУО/г АСГ. У всіх пробах ґрунту і мулу виявлено значну чисельність олігонітрофільних мікроорганізмів — $(1,9 \pm 0,1) 10^5$ – $(5,6 \pm 0,3) \cdot 10^7$ КУО/г АСГ (рис. 3-а). До олігонітрофільних мікроорганізмів належать мікроорганізми, які завершують мінералізацію органічних речовин і здатні рости тільки за низької концентрації нітрогеновмісних сполук [12].

Дослідження загальної чисельності мікроорганізмів, які використовують мінеральні форми нітрогену, засвідчило, що у пробах ґрунту і води, відібраних на території Язівського родовища сірки, їх більше у 200 разів, ніж у ґрунті біля джерела с. Раковець і його воді (рис. 3-б).

Сапротрофітні мікроорганізми використовують мертві органічні субстрати як джерело живлення. В усіх досліджуваних зразках Язівського родовища сірки чисельність сапрофітних мікроорганізмів була значно вищою за відповідні показники джерела с. Раковець (рис. 3-в).

Чисельність мікроскопічних грибів у ґрунті і мулі Язівського родовища сірки не перевищувала відповідні показники джерела с. Раковець, окрім води (рис. 4-а).

Найпоширенішою природною сполукою, що містить карбон, є целюлоза. Її вміст у сухій масі рослин становить 40–70%. У природних умовах трансформація целюлози відбувається за дії різних мікроорганізмів [16]. Значна роль у цьому процесі належить бактеріям родів *Pseudomonas*, *Cytophaga*, *Sporocytophaga*, *Cellovibrio*, *Cellfalcicula*, *Vibrio*, *Polyangium*, *Sorangium*, актинобактеріям *Actinomyces violaceus*, *A. cellulosaе*, *Micromonospora chalconeae* тощо, а також грибам [8]. Чисельність целюлозоруйнівних аеробних бактерій у ґрунті, мулі і воді Язівського родовища сірки становить 24–90%. У зразках досліджуваних проб джерела с. Раковець чисельність целюлозоруйнівних аеробних бактерій була втричі нижчою (рис. 4-б).

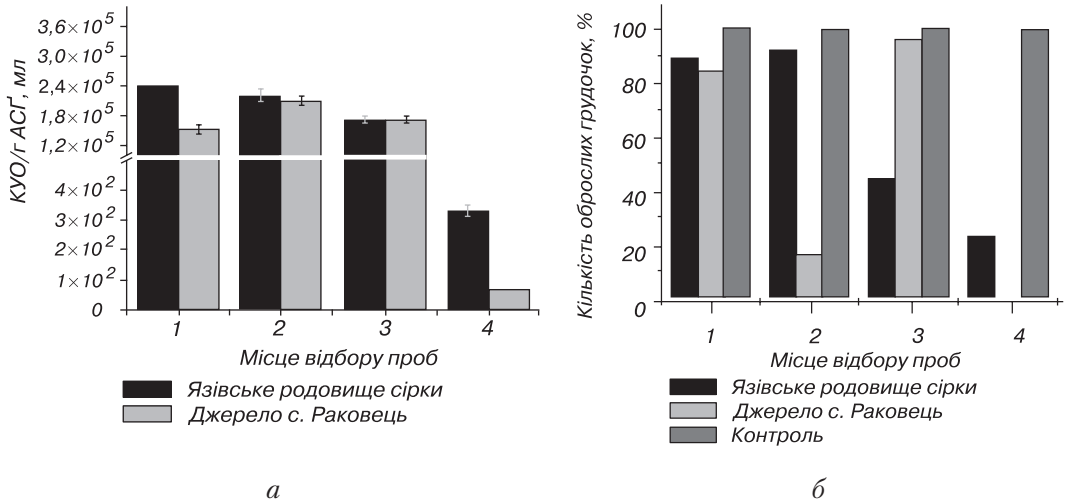


Рис. 4. Загальна чисельність мікроскопічних грибів (а), целюлозоруйнівних аеробних бактерій (б) у водоймі і ґрунтах Язівського родовища сірки та джерела с. Раковець: 1 — ґрунт, відібраний на глибині 30 см; 2 — на глибині 50 см; 3 — мул; 4 — вода

ВИСНОВКИ

Встановлено, що у ґрунті, мулі і воді досліджуваних об'єктів найчисельнішими еколого-трофічними групами були аеробні мікроорганізми, а саме: олігонітрофільні; мікроорганізми, які використовують мінеральні форми нітрогену; нітрифікувальні; безбарвні сіркоокиснювальні; целюлозоруйнівні аеробні бактерії. Значно меншою була частка анаеробних бактерій: сульфат- і сірковідновлювальні, денітрифікувальні бактерії.

Наявність різних еколого-трофічних груп свідчить, що у досліджуваних зразках ґрунту відбуваються активні процеси ґрунтоутворення, а також кругообіг сполук сульфуру, карбону і нітрогену; у новоутворених техногенних ґрунтах розроблених родовищ сірки формуються нові мікробіоценози, в яких виявлено значну кількість сульфурметаболізуючих та сіркоокиснювальних бактерій. Такі ґрунти можуть бути середовищем виділення нових сульфурметаболізуючих бактерій, цінних для біотехнологічних процесів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гайдін А.М. Нові озера Львівщини / А.М. Гайдін, І.І. Зозуля. — [Вид. 2-ге, перероб. та доп.]. — Львів: Вид-во ТЗОВ «Афіша», 2009. — 103 с.
2. Гайдін А.М. Яворівське озеро / А.М. Гайдін, І.І. Зозуля. — Львів: ВАТ «Інститут гірничо-хімічної промисловості», 2007. — 70 с.
3. Баран І.М. Екологічний моніторинг водойм Яворівського сіркового родовища; мікробіологічний контроль / І.М. Баран, О.І. Подопрігора, Г.В. Грищук // Довкілля та здоров'я. — 2003. — Вип. 27. — № 4. — С. 56–62.
4. Мікробний біом різних ґрунтів й ґрунтово-кліматичних зон Полтавської області / В.П. Патики, С.В. Тараненко, А.О. Тараненко, А.В. Калініченко // Мікробіологічний журнал. — 2014. — Т. 76, № 5. — С. 20–25.
5. Узбек И.Х. Об еколого-биологической оценке эдафотопов техногенных ландшафтов степной зоны Украины / И.Х. Узбек // Вісник аграрної науки. — 2000. — № 6. — С. 55–60.
6. Антитчук А.Ф. Водна мікробіологія: навчальний посібник / А.Ф. Антитчук, І.Ю. Кіреєва. — К.: Кондор, 2005. — 256 с.
7. Гудзь С.П. Практикум з мікробіології: Навчальний посібник / С.П. Гудзь, С.О. Гнатюк, І.С. Білінська. — Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2003. — Ч. 1. — 80 с.

8. Tenner E.З. Практикум по микробиологии / Е.З. Теннер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева. — М.: Дрофа, 2004. — 256 с.
9. Postgate J.R. The sulfate-reducing bacteria / J.R. Postgate; 2nd ed. — Cambridge: Cambridge University, 1984. — 199 p.
10. Аринушкіна Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкіна. — [2-е изд.]. — М.: МГУ, 1970. — 488 с.
11. Гусев М.В. Микробиология / М.В. Гусев, Л.А. Минеева. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. — 376 с.
12. Іутинська Г.О. Ґрунтова мікробіологія: Навч. посібник / Г.О. Іутинська. — К.: Арістей, 2006. — 284 с.
13. Фецько З. Техногенно деастровані території вугле-і нафтовидобувної промисловості та заходи щодо

- їх фітомеліорації / З. Фецько, О. Терек, В. Баранов // Біологічні Студії. — 2012. — Т. 6, № 3. — С. 235–246.
14. Геохімічна діяльність мікроорганізмів та її прикладні аспекти / І.П. Козлова, О.С. Радченко, Л.Г. Степура та ін. — К.: Наукова думка, 2008. — 528 с.
15. Бойко Н.В. Роль ґрунтової мікрофлори у забезпеченні екологічної стійкості та родючості ґрунтів / Н.В. Бойко // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. — 2009. — Вип. 3. — № 42. — С. 84–89.
16. Курдиш І.К. Роль мікроорганізмів у відтворенні родючості ґрунтів / І.К. Курдиш // Сільськогосподарська мікробіологія. — 2009. — Вип. 9. — С. 7–32.

REFERENCES

1. Haidin A. M., Zozulia I.I. (2009). *Novi ozero Lvivshchynny* [New lake Lviv]. Lviv: Vyd-vo TzOV Afisha Publ., 103 p. (in Ukrainian).
2. Haidin A. M., Zozulia I.I. (2007). *Yavorivske ozero* [Yavoriv lake]. Lviv: VAT Instytut girnycho-ximichnoyi promyslovosti Publ., 70 p. (in Ukrainian).
3. Baran I.M., Podopryhora O.I., Hryshchuk H.V. (2003). *Ekolohichnyi monitorynh vodoim Yavorivskoho sirkovoho rodovysycha; mikrobiolohichnyi kontrol* [Environmental monitoring water Yavoriv sulfur deposit, microbiological control] *Dovkillya ta zdorovya* [Environment & Health]. Iss. 27, No. 4. pp. 56–62 (in Ukrainian).
4. Patyka V.P., Taranenko S.V., Taranenko A.O., Kalinichenko A.V. (2014). *Mikrobnyi biom riznykh gruntiv y gruntovo-klimatychnykh zon Poltavskoi oblasti* [Microbial biome different soils and soil-climatic zones of Poltava region]. *Mikrobiolohichnyi zhurnal* [Microbiological journal]. Vol. 76, No. 5, pp. 20–25 (in Ukrainian).
5. Uzbek Y.X. (2000). *Ob ekologo-biologicheskoy otsenke edafotopov tekhnogennykh landshaftov stepnoy zony Ukrainy* [On the ecological and biological evaluation edafotop man-made landscapes of the steppe zone of Ukraine]. *Visnyk agrarnoyi nauky* [Journal of Agricultural Science]. No 6, pp. 55–60 (in Russian).
6. Antypchuk A.F., Kirieieva I.Yu.. (2005). *Vodna mikrobiolohiia: navchalnyi posibnyk* [Water Microbiology: Handbook]. Kyiv: Kondor Publ., 256 p. (in Ukrainian).
7. Hudz S.P., Hnatush O.S., Bilinska I. S. (2003). *Praktykum z mikrobiolohii. Ch. 1. Navchalnyi posibnyk* [Workshop on microbiology. Part 1. Handbook]. Lviv: Vydavnychij centr LNU imeni Ivana Franka Publ., 80 p. (in Ukrainian).
8. Tepper Ye.З., Shilnikova V.K., Pereverzeva G.I. (2004). *Praktykum po mikrobiologii* [Practice for Microbiology] Moskva: Drofa Publ., 256 p. (in Russian).
9. Postgate J.R. (1984). *The sulfate-reducing bacteria*. 2nd ed. Cambridge Cambridge: University, 199 p. (in English).
10. Arinushkina Ye.V. (1970). *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv. 2-e izd* [Manual on chemical analysis of soil. 2nd ed.]. Moskva: MGU Publ., 488 p. (in Russian).
11. Gusev M.V., Myneeva L.A. (1985). *Mykrobiologyya* [Microbiology]. Moskva. Yzd-vo Mosk. un-ta. Publ., 376 p. (in Russian).
12. Iutynska H.O. (2006). *Gruntova mikrobiolohiia: Navch. posibnyk* [Soil Microbiology: Handbook]. Kyiv: Aristej Publ., 284 p. (in Ukrainian).
13. Fecko Z, Terek O., Baranov V. (2012). *Tekhnohennno devastovani terytorii vuhle- i naftovydobuvnoyi promyslovosti ta zakhody shchodo yikh fitomelioratsii* [Technogenic devastovani territory of coal and oil mining industry and measures to phytomelioration]. *Biolohichni Studii* [Studia Biologica]. Vol. 6, No. 3, pp. 235–246 (in Ukrainian).
14. Kozlova I.P., Radchenko O.S., Stepura L.H., Kondratiuk T.O., Piliashenko A.I. (2008). *Heokhimichna diialnist mikroorhanizmiv ta yii prykladni aspekty* [The geochemical activity of microorganisms and its practical aspects]. Kyiv: Naukova Dumka Publ., 526 p. (in Ukrainian).
15. Boiko N.V. (2009). *Rol gruntovoi mikroflory u zabezpechenni ekolohichnoi stikosti ta rodiiuchosti gruntiv* [Soil microflora role in ensuring environmental sustainability and soil fertility]. *Visnyk Natsionalnogo universytetu vodnogo hospodarstva ta pryrodokorystuvannia* [Visnyk National University of Water and Environmental Engineering]. Iss. 3, No. 42, pp. 84–89 (in Ukrainian).
16. Kurdysh I. K. (2009). *Rol mikroorhanizmiv u vidtvo-renni rodiiuchosti gruntiv* [The role of microorganisms in soil fertility reproduction]. *Silskohospodarska mikrobiolohiia: Mizhvid. temat. nauk. zb.* [Agriculture microbiology interdepartmental thematic scientific collection]. Chernigiv. Iss. 9, pp. 7–32 (in Ukrainian).