

В. А. Горбань ✉

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
просп. Гагаріна, 72, м. Дніпро, Україна, 49010*

ПРИРОДНА РАДІОАКТИВНІСТЬ ҐРУНТІВ БАЙРАЧНИХ БІОГЕОЦЕНОЗІВ ПІВНІЧНОГО ВАРІАНТА СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Байрачні біогеоценози в умовах степової зони України є унікальним природним явищем. Під цими природними лісами протягом багатьох тисячоліть сформувалися своєрідні ґрунти – чорноземи лісові, які рядом ознак відрізняються від зональних чорноземів звичайних. На сьогодні в науковій літературі можна знайти інформацію щодо таких властивостей цих ґрунтів, як органічна речовина, структурно-агрегатний склад, лесиваж, мікроморфологічні особливості. Разом з тим природна радіоактивність чорноземів лісових залишається практично недослідженою. Саме встановленню особливостей природної радіоактивності ґрунтів байрачних біогеоценозів і присвячена наша робота. Досліджувалися ґрунти байраку Глибокого, який за класифікацією О.Л. Бельгарда відноситься до північного варіанта байраків степової зони України. У результаті виконаних досліджень встановлено, що поверхневі горизонти чорноземів лісових південної та північної експозицій байраку відрізняються зменшеними величинами коефіцієнта озолення, що свідчить про збільшений уміст у них органічних речовин порівняно з іншими горизонтами досліджуваних ґрунтів. Елювіальні горизонти відрізняються зменшеними величинами природної радіоактивності порівняно з ілювіальними, що свідчить про збільшену сорбцію дрібними гранулометричними фракціями радіоактивних елементів порівняно з крупнішими фракціями. Максимальні величини природної радіоактивності виявлено в нижніх генетичних горизонтах досліджуваних ґрунтів. Це свідчить, що джерелом радіоактивних елементів є материнська порода, з якої формувалися ґрунти. Органічні речовини та їх здатність до зв'язування радіоактивних елементів характеризуються меншим внеском у природну радіоактивність ґрунтів порівняно з дрібними гранулометричними фракціями та материнською породою. Розподіл величин природної радіоактивності за ґрунтовим профілем визначається особливостями ґрунтогенезу кожного окремого типу ґрунту і в певній мірі може їх відображати.

Ключові слова: природна радіоактивність, радіоактивні елементи, чорнозем лісовий, лісово-лучний ґрунт, чорнозем звичайний, південна та північна експозиції, тальвег.

V. A. Gorban ✉

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

SOIL NATURAL RADIOACTIVITY OF NORTHERN VARIANT RAVINE BIOGEOCENOSES OF UKRAINIAN STEPPE ZONE

Ravine biogeocenoses in the steppe zone of Ukraine are a unique natural phenomenon. Under these natural forests for many millennia formed a specific kind of

✉ Tel.: +38050-362-45-90. E-mail: vad01@ua.fm

DOI: 10.15421/442005

58

soil – forest chernozems, which differ in a number of ways from the zonal chernozems. Today in the scientific literature you can find information about such properties of these soils as organic matter, structural and aggregate composition, leaching, micromorphological features. However, the natural radioactivity of forest chernozems remains virtually unexplored. Our work is devoted to the establishment of the peculiarities of the natural radioactivity of the soils of ravine biogeocenoses. The soils of the Hlyboky ravine, which according to the classification of O.L. Belgard belongs to the northern version of the ravines of the steppe zone of Ukraine. As a result of the performed researches it is established that the surface horizons of chernozems of forest southern and northern exposures of the ravine differ in reduced values of ashing coefficient, which indicates an increased content of organic matter in them compared to other horizons of the studied soils. Eluvial horizons are characterized by reduced values of natural radioactivity compared to illuvial, which indicates increased sorption by small particle size fractions of radioactive elements compared to larger fractions. The maximum values of natural radioactivity were found in the lower genetic horizons of the studied soils. This indicates that the source of radioactive elements is the parent rock from which the soil was formed. Organic substances and their ability to bind radioactive elements are characterized by a smaller contribution to the natural radioactivity of soils compared to small particle size fractions and parent rock. The distribution of natural radioactivity values by soil profile is determined by the peculiarities of soil genesis of each individual soil type and to some extent can reflect them.

Key words: natural radioactivity, radioactive elements, forest chernozem, forest-meadow soil, common chernozem, southern and northern exposures, thalweg.

Вступ

Як відомо, в умовах степової зони України природні ліси приурочені до долин річок та балок [7]. Ліси балок, або байраки, є унікальними лісовими угрупованнями в степу, в яких протягом багатьох тисячоліть утворилися своєрідні лісові чорноземи [4, 15]. Ці ґрунти відрізняються від зональних чорноземів, які утворилися під степовою рослинністю, рядом показників – більшим вмістом органічної речовини [1, 5, 14, 18], кращим структурно-агрегатним складом [2, 4, 6, 8, 12, 22], більшою насиченістю основами ґрунтового-вбирального комплексу [4, 15, 18, 19], зниженням лінії скипання [1, 6, 18], інтенсивним проявом лесиважу [4, 15, 16], своєрідними мікроморфологічними особливостями [2, 3, 8, 16, 21, 22]. Саме ці особливості байрачних ґрунтів є доволі детально дослідженими, у той же час залишається ряд властивостей лісових чорноземів, яким практично не приділено уваги. До таких властивостей, зокрема, відноситься природна радіоактивність, дослідженням якої стосовно ґрунтів під деревною рослинністю в умовах степової зони присвячено лише декілька робіт [9, 10, 11, 17]. Саме на встановлення особливостей природної радіоактивності ґрунтів байрачних біогеоценозів північного варіанта степової зони України (за класифікацією О. Л. Бельгарда [7]) і спрямована дана робота.

Об'єкти та методи досліджень

Дослідження природної радіоактивності ґрунтів байрачних біогеоценозів виконувалося на прикладі байраку Глибокого, який знаходиться поблизу с. Андріївки (Новомосковський р-н, Дніпропетровська обл., Україна).

Детальний опис пробних площ та морфологічну характеристику ґрунтових профілів наведено в роботах Н. А. Білової, А. П. Травлєєва [4] та В. М. Яковенка [20]. Нижче наводимо стислу характеристику досліджуваних об'єктів, використовуючи зазначені роботи.

Пробна площа 1 розміщена на степовій цілині, розташованій на північній експозиції байраку. Площа має нахил 8° північної експозиції. У трав'яному покриві присутні *Poa angustifolia* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Achillea millefolium* L., *Salvia nemorosa* L., *Artemisia absinthium* L., *Euphorbia vigrata* Waldst. et Kit., *Galium aparine* L., *Viola odorata* L., *Lathyrus tuberosus* L., *Convolvus arvensis* L. Ґрунт – чорнозем звичайний.

Пробна площа 2 розташована на середній частині схилу північної експозиції байраку. Площа має нахил 15° північної експозиції. У деревному ярусі присутні *Tilia cordata* Mill., *Fraxinus excelsior* L., *Acer platanoides* L., *Acer campestre* L., *Ulmus minor* Mill. Трав'яний покрив утворений *Glechoma hederacea* L., *Stellaria holostea* L., *Chelidonium majus* L., *Poa nemoralis* L., *Galium aparine* L., *Viola odorata* L. Ґрунт – чорнозем лісовий.

Пробна площа 3 розміщена на рівній ділянці тальвегу байраку. У деревному ярусі присутні *Fraxinus excelsior* L., *Acer campestre* L., *Ulmus minor* Mill., *Acer platanoides* L., *Quercus robur* L., *Tilia cordata* Mill. Трав'яний покрив утворений *Stellaria holostea* L., *Chelidonium majus* L., *Galium aparine* L., *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., *Aegopodium podagraria* L., *Geum urbanum* L., *Asarum europaeum* L., *Urtica dioica* L., *Alliaria petiolata* (M. Bied.) Cavara et Grande). Ґрунт – лісово-лучний.

Пробна площа 4 розташована на середній частині південної експозиції байраку. Площа має нахил 14° південної експозиції. У деревному ярусі присутні *Fraxinus excelsior* L., *Acer campestre* L., *Ulmus minor* Mill., *Tilia cordata* Mill., *Acer platanoides* L. Трав'яний покрив утворюють *Glechoma hederacea* L., *Viola odorata* L., *Chelidonium majus* L., *Galium aparine* L., *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., *Geum urbanum* L., *Asarum europaeum* L., *Trifolium medium* L., *Aristolochia clematitidis* L., *Potentilla argentea* L. Ґрунт – чорнозем лісовий.

Пробна площа 5 знаходиться на степовій цілині, розміщеній на південній експозиції байраку. Площа має нахил 3° південної експозиції. Трав'яний покрив утворюють *Festuca valesiaca* Goud. s.l., *Poa angustifolia* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Poa nemoralis* L., *Lathyrus tuberosus* L., *Achillea millefolium* L., *Euphorbia vigrata* Waldst. et Kit., *Thymus marschallianus* Willd., *Linum hirsutum* L., *Agrimonia eupatoria* L., *Medicago romanica* Prod., *Melica transsilvanica* Schur, *Salvia nemorosa* L. Ґрунт – чорнозем звичайний.

Дослідження величини природної бета-радіоактивності виконувалися з використанням приладу УМФ-1500 в лабораторії біоенергетики та радіоекології кафедри геоботаніки, ґрунтознавства та екології та Науково-дослідного інституту біології Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара. Для визначення природної радіоактивності використовувалися зразки золи, яку отримали шляхом спалювання зразків ґрунтів у муфельній печі протягом 5 годин при температурі 450°C . Спалювався ґрунтовий зразок масою 3 г. Після зважування золи розраховувався коефіцієнт озолення, який відображає співвідношення маси золи та маси ґрунту. Цей коефіцієнт урахуноувався під час визначення величини природної радіоактивності ґрунтових зразків [13].

Результати та їх обговорення

У результаті дослідження чорнозему звичайного, розташованого на північній експозиції байраку, встановлено, що найменший коефіцієнт озолення (0,86) характерний для верхнього горизонту Hdk (табл. 1), а найбільший (0,95) – для нижнього горизонту Pk. Такі результати свідчать, що в поверхневому горизонті міститься найбільше органічних речовин, а з глибиною спостерігається поступове зменшення їх умісту. Такий розподіл умісту органічних речовин за ґрунтовим профілем чорноземних ґрунтів є цілком нормальним [4, 14]. Аналіз величин розподілу природної радіоактивності виявив, що її максимальне значення характерне для нижнього горизонту Pk ($747,6 \cdot 10^{-10}$ кюрі/кг), який характеризується мінімальним умістом органічних речовин. Установлення цього факту свідчить, що в даному випадку природна радіоактивність нижнього горизонту зумовлена вмістом радіоактивних елементів (переважно ^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra [25]), які він отримав від материнської породи, з якої сформувався даний ґрунт [23]. Зі зменшенням глибини спостерігається зменшення величин природної радіоактивності, що підтверджує наведене твердження. У горизонті Hk спостерігається зростання величини природної радіоактивності, що можна пояснити збільшенням умісту радіоактивних елементів у цьому горизонті за рахунок їх сорбції органічними речовинами [13, 23].

Таблиця 1

Природна радіоактивність чорнозему звичайного пробної площі 1

Генетичний горизонт	Глибина, см	Коефіцієнт озолення	Природна радіоактивність, 10^{-10} кюрі/кг
Hdk	0–8	0,86	$675,7 \pm 49,6$
Hk	8–23	0,89	$733,8 \pm 43,1$
Hpk	23–51	0,89	$696,9 \pm 7,2$
Phk	51–80	0,92	$714,5 \pm 37,0$
Pk	80–120	0,95	$747,6 \pm 7,9$

Дослідженнями чорнозему лісового, розташованого на середній третині схилу північної експозиції байраку, встановлено, що верхній горизонт H1el різко відрізняється від інших горизонтів зменшеною величиною коефіцієнта озолення (0,84), що свідчить про максимальний уміст у цьому горизонті органічних речовин. Найбільше значення коефіцієнта озолення (0,95) притаманне нижньому горизонту P1k (табл. 2). Це свідчить про зменшення запасів органічних речовин у профілі чорнозему лісового зі збільшенням глибини. Максимальні величини природної радіоактивності в дослідженому ґрунті пов'язані з першим ілювіальним горизонтом Hр1l ($745,0 \cdot 10^{-10}$ кюрі/кг). Це можна пояснити максимальним вмиванням у цей горизонт часток фізичної глини з товщі чотирьох елювіальних горизонтів H1el, H2el, H3el та H4el, які розташовані нижче, адже дрібні гранулометричні фракції характеризуються збільшеною сорбційною здатністю, у тому числі і радіоактивних елементів (зокрема, ^{40}K , уміст якого в найбільшій мірі зумовлює природну бета-радіоактивність ґрунтів [13, 17, 24, 27] порівняно з більш крупними фракціями [26]. У цілому елювіальні

горизонти відрізняються зменшеними величинами природної радіоактивності порівняно з ілювіальними, незважаючи на збільшений уміст у них органічних речовин.

Таблиця 2

Природна радіоактивність чорнозему лісового пробної площі 2

Генетичний горизонт	Глибина, см	Коефіцієнт озолення	Природна радіоактивність, 10^{-10} кюрі/кг
H1el	0–12	0,84	640,8 ± 16,6
H2el	12–33	0,90	681,5 ± 30,5
H3el	33–67	0,93	681,3 ± 46,4
H4el	67–96	0,94	712,7 ± 7,9
Hpil	96–140	0,94	745,0 ± 29,0
Phil	140–166	0,94	729,9 ± 7,2
Pilk	166–230	0,95	704,4 ± 86,9

Аналіз даних, отриманих при дослідженні лісово-лучного ґрунту тальвегу байраку, виявив, що найменші значення коефіцієнта озолення притаманні верхнім елювіальним горизонтам H1el, H2el та H3el. При цьому найменше значення (0,87) виявлено не у верхньому горизонті H1el, а в горизонті H2el, який знаходиться під ним (табл. 3). Це свідчить про активну міграцію органічних речовин з верхнього горизонту, який пов'язаний з низхідним рухом водяних мас в умовах посиленого зволоження, що характерні для тальвегу. Найбільше значення коефіцієнта озолення (0,93) виявлено в нижньому горизонті Phil, що свідчить про мінімальний уміст у цьому горизонті органічних речовин. Також для цього горизонту притаманне найбільше значення природної радіоактивності ($804,7 \cdot 10^{-10}$ кюрі/кг), що свідчить про надходження радіоактивних елементів у досліджуваний ґрунт з материнської породи, а з віддаленням від нижнього горизонту спостерігається незначне зменшення величин природної радіоактивності. У даному ґрунті елювіальні горизонти також відрізняються меншими значеннями природної радіоактивності порівняно з ілювіальними.

Таблиця 3

Природна радіоактивність лісово-лучного ґрунту пробної площі 3

Генетичний горизонт	Глибина, см	Коефіцієнт озолення	Природна радіоактивність, 10^{-10} кюрі/кг
H1el	0–8	0,88	718,6 ± 17,3
H2el	8–34	0,87	698,3 ± 24,2
H3el	34–60	0,89	746,6 ± 29,3
Hil	60–118	0,91	763,6 ± 28,2
Hpil	118–132	0,92	759,8 ± 32,4
Phil	132–166	0,93	804,7 ± 41,6

У чорноземі лісовому, розташованому на середині схилу південної експозиції байраку, горизонт H1el відрізняється від інших горизонтів різким зменшенням величини коефіцієнта озолення (табл. 4), що свідчить про нагромадження в ньому значних запасів органічних речовин. З глибиною спостерігається збільшення значень коефіцієнта озолення, максимальне значення якого (0,92) виявлено в горизонті P1k. Максимальна величина природної радіоактивності характерна для нижнього елювіального горизонту H3el ($705,4 \cdot 10^{-10}$ кюрі/кг), який межує з ілювіальними горизонтами. Збільшеною величиною радіоактивності також відрізняється нижній горизонт P1k. У даному ґрунті, на нашу думку, внесок материнської породи та органічних речовин в сорбцію на накопичення радіоактивних елементів приблизно однаковий, особливо при віддаленні від нижніх генетичних горизонтів. Елювіальні горизонти чорнозему лісового в цих умовах також відрізняються меншими величинами природної радіоактивності порівняно з ілювіальними.

Таблиця 4

Природна радіоактивність чорнозему лісового пробної площі 4

Генетичний горизонт	Глибина, см	Коефіцієнт озолення	Природна радіоактивність, 10^{-10} кюрі/кг
H1el	0–12	0,80	$624,2 \pm 19,9$
H2el	12–33	0,87	$648,4 \pm 58,4$
H3el	33–67	0,91	$705,4 \pm 28,9$
Hil	67–96	0,91	$683,3 \pm 23,8$
Hp1l	96–140	0,91	$652,6 \pm 20,4$
Ph1k	140–166	0,91	$643,9 \pm 38,8$
P1k	166–230	0,92	$703,5 \pm 35,8$

У результаті дослідження чорнозему звичайного, розташованого на південній експозиції байраку, встановлено, що найменше значення коефіцієнта озолення притаманно верхньому горизонту Hdk (табл. 5), з глибиною спостерігається поступове збільшення його величин. Це свідчить, що в даному профілі зменшення вмісту органічних речовин з глибиною має поступовий характер. Максимальна величина природної радіоактивності ($786,9 \cdot 10^{-10}$ кюрі/кг) виявлена в нижньому горизонті Pk, який відрізняється майже повною відсутністю органічних речовин. В інших горизонтах, при віддаленні від

Таблиця 5

Природна радіоактивність чорнозему звичайного пробної площі 5

Генетичний горизонт	Глибина, см	Коефіцієнт озолення	Природна радіоактивність, 10^{-10} кюрі/кг
Hdk	0–6	0,86	$649,4 \pm 12,2$
Hpk	6–27	0,89	$692,3 \pm 15,6$
Phk	27–40	0,91	$707,5 \pm 28,0$
Pk	40–120	0,93	$786,9 \pm 48,3$

материнської породи, спостерігається зменшення величин природної радіоактивності. Це свідчить, що в даному ґрунті основним джерелом радіоактивних елементів є материнська порода, а органічні речовини не відіграють суттєвої ролі в їх накопиченні.

Порівняння отриманих результатів свідчить, що найменші значення коефіцієнта озолення (і відповідно найбільший уміст органічних речовин) характерні для верхніх горизонтів H1el чорноземів лісових в умовах середніх третин схилів південної та північної експозицій байраку (0,80 та 0,84 відповідно). Найменші величини природної радіоактивності притаманні елювіальним горизонтам чорноземів лісових в умовах схилів південної та північної експозицій байраку, а найбільші – нижнім та ілювіальним горизонтам усіх досліджуваних ґрунтів. Виходячи з цього, можна зробити припущення, що надходження радіоактивних елементів у досліджуваних ґрунтах пов'язане з їх наслідуванням від материнських порід. Подальший характер розподілу радіоактивних елементів за профілем ґрунтів пов'язаний з особливостями ґрунтогенезу кожного окремого типу ґрунту і в певній мірі може їх відобразити.

Висновки

У результаті виконаних досліджень установлено:

1. Поверхневі горизонти H1el чорноземів лісових південної та північної експозицій байраку відрізняються зменшеними величинами коефіцієнта озолення, що свідчить про збільшений уміст у них органічних речовин порівняно з іншими горизонтами досліджених ґрунтів.

2. Елювіальні горизонти відрізняються зменшеними величинами природної радіоактивності порівняно з ілювіальними, що свідчить про збільшену сорбцію дрібними гранулометричними фракціями радіоактивних елементів порівняно з крупнішими фракціями.

3. Максимальні величини природної радіоактивності виявлено в нижніх генетичних горизонтах досліджуваних ґрунтів. Це свідчить, що джерелом радіоактивних елементів є материнська порода, з якої формувалися ґрунти.

4. Органічні речовини та їх здатність до зв'язування радіоактивних елементів характеризуються меншим внеском у природну радіоактивність ґрунтів порівняно з дрібними гранулометричними фракціями та материнською породою.

5. Розподіл величин природної радіоактивності за ґрунтовим профілем визначається особливостями ґрунтогенезу кожного окремого типу ґрунту і в певній мірі може їх відобразити.

Бібліографічні посилання

1. *Адерихин П.Г., Бельгард А.Л., Зонн С.В., Крупеников И.А., Травлев А.П.* Влияние лесной растительности на черноземы // Русский чернозем – 100 лет после Докучаева. М.: Наука, 1983. С. 117–126.

2. *Белова Н.А.* Екологія, мікроморфологія, антропогенез лесных почв степной зоны Украины. Д.: ДГУ, 1997. 263 с.

3. *Белова Н.А.* Еколого-мікроморфологічні аспекти черноземного почвообразования в байрачных лесах степной зоны Украины // Екологія та ноосферологія. 1995. Т. 1, № 1-2. С. 74–91.

4. *Белова Н.А., Травлев А.П.* Естественные леса и степные почвы (экология, мікроморфологія, генезис). Д.: ДГУ, 1999. 348 с.

5. **Белова Н.А., Травлев А.П.** Эволюция и генезис почв под лесными фитоценозами в степи // Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. Д.: ДНУ, 2008. Вып. 37. С. 3–10.
6. **Белова Н.А., Травлев А.П., Боговин А.В., Чернышенко В.С.** Эволюция и генезис почв под байрачными лесными фитоценозами в степи // Грунтознавство. 2010. Т. 11, № 1-2. С. 16–27.
7. **Бельгард А.Л.** Степное лесоведение. М.: Лесн. пром-сть, 1971. 335 с.
8. **Божко К.М.** Мікроморфологічні властивості едафотопів урочища «Військова балка» (південний варіант байрачних лісів степової зони України) // Грунтознавство. 2011. Т.12, № 3-4. – С. 69–77.
9. **Горбань В.А.** Еолово-грунтові відклади та їх вплив на формування едафотопів лісових культурбіогеоценозів степової зони України: Монографія. Д.: Свідлер А.Л., 2017. 200 с.
10. **Горбань В.А.** Природна бета-активність еолово-грунтових відкладів ползахисних лісосмуг степової зони України // Грунтознавство. 2010. Т. 11, № 3-4. С. 67–73.
11. **Горбань В.А., Беркар А.О.** Природна радіоактивність лісополіпшених едафотопів Присамар'я Дніпровського // Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. Вип. 42. Д.: ДНУ, 2013. С. 77-82.
12. **Горбань В.А., Стригіна Т.А., Мандригеля М.В.** [Особенности структурно-агрегатного состава черноземів лісових байраку Глибокого // Грунтознавство. 2016. Т. 17, № 1-2. С. 65–73.](#)
13. **Гродзинский Д.М.** Естественная радиоактивность растений и почв. К.: Наук. думка, 1965. 216 с.
14. **Дубина А.А., Туника Н.П., Иванова Г.И.** Опыт использования показателей группового и фракционного состава гумуса для диагностики лесных почв юго-восточной Украины // Вопросы биологической диагностики лесных биогеоценозов Присамарья. Д.: ДГУ, 1980. Вып. 10. С. 61–65.
15. **Травлев А.П.** Взаимодействие растительности с почвами в лесных биогеоценозах настоящих степей Украины и Молдавии: Автореф. ... д-ра биол. наук: 03.00.05 – ботаника. Д.: ДГУ, 1972. 49 с.
16. **Травлев А.П., Rescio Espejo J.M., Белова Н.А., Кузнецов Е.В., Балалаев А.К., Кузнецов В.Е.** Микроморфология лессиважных процессов в байрачных лесных черноземах степной зоны Украины // Грунтознавство. 2007. Т. 8, № 1-2. С. 6–24.
17. **Травлев А.П., Антоненко Т.М., Лындя А.Г.** Изучение естественной радиоактивности лесных биогеоценозов юго-востока УССР // Вопросы степного лесоведения и охраны природы. Д.: ДГУ, 1975. Вып. 5. С. 13–19.
18. **Травлев А.П., Белова Н.А.** Лес как фактор почвообразования // Грунтознавство. 2008. Т. 9, № 3-4 (13). С. 6–26.
19. **Травлев А.П., Белова Н.А., Балалаев А.К.** Экология почвообразования лесных черноземов // Грунтознавство. 2008. Т. 9, № 1-2. С. 19–29.
20. **Яковенко В.М.** [Вплив делювіальних процесів на макро- та мікроморфологію байрачних лісових ґрунтів // Грунтознавство. 2014. Т. 15, № 3-4. С. 74–88.](#)
21. **Яковенко В.М.** Моніторингові дослідження мікроморфології байрачних черноземів Присамар'я // Грунтознавство. 2009. Т. 10, № 3-4. С. 29–36.

22. **Яковенко В.М., Білова Н.А.** Біогенне мікроструктурування лісових ґрунтів степової зони України: Монографія. Д.: Середняк Т.К., 2018. 204 с.
23. **Filgueiras R.A., Silva A.X., Ribeiro F.C.A., Lauria D.C., Viglio E.P.** Baseline, mapping and dose estimation of natural radioactivity in soils of the Brazilian state of Alagoas // Radiation Physics and Chemistry. 2020. 167. 108332.
24. **Gören E., Turhan S., Kurnaz A., Garad A.M.K., Duran C., Uğur F.A., Yeğingil Z.** Environmental evaluation of natural radioactivity in soil near a lignite-burning power plant in Turkey // Applied Radiation and Isotopes. 2017. 129. 13–18.
25. **Kovács T., Szeiler G., Fábrián F., Kardos R., Gregorič A., Vaupotič J.** Systematic survey of natural radioactivity of soil in Slovenia // Journal of Environmental Radioactivity. 2013. 122. 70–78.
26. **Liu X., Lin W.** Natural radioactivity in the beach sand and soil along the coastline of Guangxi Province, China // Marine Pollution Bulletin. 2018. 135. 446–450.
27. **Zubair M., Shafiqullah.** Measurement of natural radioactivity in several sandy-loamy soil samples from Sijua, Dhanbad, India // Heliyon. 2020. 6(3). e03430.

Надійшла до редколегії 25.10.2020 р.