

УДК 574.4

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.2-47.35>

## ПЕРСПЕКТИВИ ДИСТАНЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАПАСІВ ПІДЗЕМНИХ ВОД СЛОВЕЧАНСЬКО-ОВРУЦЬКОГО КРЯЖУ

Хом'як І.В., Коцюба І.Ю., Козин М.С., Василенко О.М., Гарбар Д.А.  
Житомирський державний університет імені Івана Франка  
вул. Велика Бердичівська, 40, 10005, Житомир  
ecosystem\_lab@ukr.net

У зв'язку із ксерофітизацію Полісся, викликаною глобальними змінами клімату, важливим є моніторинг запасів підземних вод. Однак, такі дослідження складно проводити традиційними способами дистанційного зондування земної поверхні. Рослинність реагує на наближення водоносних горизонтів до поверхні нелінійно і різнопланово. Отже, методи мультиспектральної зйомки необхідно використовувати більш гнучко. Метою дослідження є встановлення синфітоіндикаційних характеристик оселищ, де підземні води наближаються до земної поверхні. Відповідно до мети було поставлено такі завдання: описати і класифікувати оселища на територіях із наближеними до поверхні підземними водами; встановити синфітоіндикаційні характеристики оселищ із приповерхневими підземними водами; визначити перспективи застосування дистанційного моніторингу стану та розвідки запасів підземних вод. У якості дослідницького полігону нами обрана територія Словечансько-Овруцького кряжу, яка має найбільшу в Україні кількість природних джерел різних типів та дуже високе флористичне і фітоценотичне різноманіття. Матеріалами є стандартні геоботанічні описи зроблені за стандартною методикою під час маршрутно-експедиційних та стаціонарних досліджень в період із 2004 до 2021 року. Оцінку запасів та якості приповерхневих підземних вод неможливо здійснити за допомогою звичайною мультиспектральної зйомки, направленої на одне конкретне угруповання. Потрібно застосовувати елементи штучного інтелекту, які будуть виділяти на знімках певні комбінації угруповань. Наближення підземних вод із нижніх водоносних горизонтів до поверхні ґрунту супроводжується комплексом угруповань, в центрі яких на луках та в похідних лісах знаходяться угруповання *Scirpetum sylvatici* (71%), оточені фітоценозами класу *Alnetea glutinosae*. Застій підповерхневих вод на глибині до 1 метра супроводжується формуванням рослинного угруповання *Juncetum effusi*. У корінних лісах найчастіше наявність приповерхневих водоносних горизонтів супроводжується формуванням лісів класу *Alnetea glutinosae* (45%). Цей показник не є надійним, тому що такі ліси формуються і в умовах перезволоження ґрунту із інших причин. **Ключові слова:** дистанційне зондування, мультиспектральна зйомка, природні джерела.

**Prospects for remote study of groundwater reserves of the Slovechansko-Ovrutskyi ridge. Khomiak I., Kotsiuba I., Kozyn M., Vasylenko O., Harbar D.**

Monitoring of underground water reserves is important in the conditions of xerophytization of forests during global climate changes. However, it is difficult for us to investigate this using the traditional method of remote sensing of the earth's surface. Vegetation reacts nonlinearly and in various ways to the approach of aquifers to the surface. Therefore, the methods of multispectral imaging must be used more flexibly. The purpose of our research is to establish the characteristics of habitats where groundwater approaches the earth's surface. In accordance with the goal, the following tasks were set: to describe and classify habitats in the territories with groundwater close to the surface; establish the characteristics of habitats with near-surface groundwater; to determine the prospects for the application of remote monitoring of the condition and exploration of underground water reserves. We have chosen the territory of the Slovakian-Ovrutsky Range as a research training ground. This territory has the largest number of natural springs of various types in Ukraine and a very high floristic and phytocenotic diversity. Standard geobotanical descriptions are research materials. They were made according to the standard method during route-expedition and stationary research in the period from 2004 to 2021. We cannot estimate the supply and quality of near-surface groundwater using conventional multispectral imaging directed at one specific community. We need to apply elements of artificial intelligence that will highlight certain combinations of groups in the pictures. The approach of underground water from the lower aquifers to the soil surface is accompanied by a complex of communities, in the center of which there are communities of *Scirpetum sylvatici* (71%) in meadows and deciduous forests, which are surrounded by phytocenoses of class of the *Alnetea glutinosae*. Stagnation of subsurface waters at a depth of up to 1 meter is accompanied by the formation of the *Juncetum effusi* plant community. In native forests, the presence of near-surface aquifers is often accompanied by the formation of forest of *Alnetea glutinosae* (45%). This indicator is not reliable, because such forests are also formed in conditions of overwetting of the soil for other reasons. **Key words:** distance sensing, multispectral imaging, natural springs.

**Постановка проблеми.** Загрози глобальних змін клімату ми часто сприймаємо однобоко та викривлено. Адже, цей процес характеризується не лише підвищенням температури, яка веде до танення льодовиків та підтоплення приморських низовин. Це глобальний перерозподіл кліматичних факторів на конкретних ділянках земної поверхні. Наприклад, замість відносно рівномірного випадання опадів в помірному кліматі ми спостерігаємо короткі періоди потужних злив

розділені тривалими засухами із високими температурними показниками. На території Полісся це спричиняє ксерофітизацію. Вона супроводжується не лише деградацією водних екосистем, а й зменшенням запасів підземних вод верхніх горизонтів. Таким чином, глобальні зміни клімату та ксерофітизація призводять до критичного дефіциту питної води. Він проявляється не лише на тих територіях, де вони напряму використовуються населенням, а й через водосховища на річках [1].

**Актуальність дослідження.** Оскільки від 10 до 50% річок живляться із підземних вод, то їхнє збереження є важливим фактором забезпечення міського населення питною водою. Ця проблема загострюється на фоні глобальних змін клімату, коли більшість опадів швидко проходить річковою системою після інтенсивних злив, після чого річки знову міліють. Таким чином, саме підземні води є більш надійним та сталим джерелом живлення річок. Для подолання наслідків впливу глобальної зміни клімату на запаси питної води необхідно здійснювати моніторинг запасів води в верхніх горизонтах ґрунту. Оскільки традиційним методом технічно важко охопити великі території, необхідно отримати технологію дистанційного моніторингу стану підземних вод.

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Опублікований матеріал є частиною досліджень, які проводяться в рамках наукового консультування Овруцької міської об'єднаної територіальної громади. Консультування пов'язані із збереженням елементів довкілля на території громади та розробки програм щодо гармонізації її відносин із навколишнім середовищем [2, 3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Більшість сучасних досліджень пов'язані із дистанційним визначенням зволоження поверхневих шарів ґрунту, а не запасів води в водоносних горизонтах [4, 5]. Це обумовлено потребами сільського господарства, які все частіше використовують дані дистанційного зондування Землі. Для цього використовують можливості супутникового комплексу Sentinel-2 (ШСЗ Sentinel-2A та Sentinel-2B), який належить Європейській космічній агенції [6]. Він здійснює мультиспектральну зйомку поверхні Землі від видимого до інфрачервоного короткохвильового спектру. Для визначення вологості верхніх шарів ґрунту використовуються різноманітні індекси. NDWI – це диференційований нормалізований водний індекс, який застосовують із 1996 року. Він використовує співвідношення ближнього інфрачервоного і середнього інфрачервоного діапазонів. MNDWI – це аналогічний попередньому індекс, який опирається на показники відбитого випромінювання води в приповерхневому шарі ґрунту та відкритої поверхневої води. Індекс DeGreen використовує відбиття у видимому зеленому спектрі (третій канал у Sentinel-2) та середньому інфрачервоному спектрі (дванадцятий канал у Sentinel-2). Цей індекс найкраще працює для картування малих водойм, боліт та зон підтоплення [7, 8].

Однак, ці поширені методи можуть лише опосередковано визначати наявність підземних вод та оцінити їхні запаси і якість. Використовувати в якості посередника зволоження поверхневого рівня не завжди доцільно та не завжди це приносить бажаний ефект. Тут справа не лише в неповній залежності між водоносними горизонтами і поверхнею ґрунту,

а й у тому, що ця поверхня може бути прикрита рослинністю. В той час, як на сільськогосподарських угіддях відносно одноманітний рослинний покрив, який лінійно реагує на зміну вологості, в природних екосистемах існує велике число варіантів рослинних угруповань. Оскільки, ми розглядаємо підземні води як стабілізатори водного балансу в річках та джерело питної води, то нас найбільше цікавлять території із природною рослинністю. В такому випадку нам потрібно використовувати, як посередник між мультиспектральною зйомкою та підземними водоносними горизонтами, системну реакцію природних екосистем на нього. Для цієї мети найкраще підходить геосинфітоіндикація.

У якості дослідницького полігону нами обрана територія Словечансько-Овруцького кряжу, яка має найбільшу в Україні кількість природних джерел різних типів [9] та дуже високе флористичне і фітоценотичне різноманіття [10, 11].

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Метою дослідження є встановлення характеристик оселищ, де підземні води наближаються до земної поверхні. Відповідно до мети було поставлено такі завдання:

- описати і класифікувати оселища в на територіях із наближеними до поверхні підземних вод;
- встановити характеристики оселищ із приповерхневими підземними водами;
- визначити перспективи застосування дистанційного моніторингу стану та розвідки запасів підземних вод.

**Матеріали та методи досліджень.** Матеріалами є стандартні геоботанічні описи зроблені за стандартною методикою під час маршрутно-експедиційних та стаціонарних досліджень в період із 2004 до 2021 року. Нами було застосовано загальноприйняті польові та камеральні методи. Класифікація рослинності здійснювалася згідно із принципами швейцарсько-французької школи Браун-Бланке [12, 13]. Синфітоіндикація проводилася за допомогою програми Simargl із використанням шкали Дідуха-Плюти для абіотичних факторів, Дідуха-Хом'яка для антропогенного фактору та оригінальної шкали показника природної динаміки, розробленої в лабораторії «Теорії екосистем» [14, 15].

**Новизна.** Вперше було проведено критичний аналіз застосування методів дистанційного зондування поверхні землі для визначення характеристики підземних вод в природних екосистемах.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Матеріал дослідження надає нові можливості для моделювання та прогнозування змін взаємопов'язаних компонентів довкілля. Це розширює можливості для системного вивчення динаміки екосистем та побудови об'єднаної екосистемної теорії.

**Викладення основного матеріалу.** Підземні води що знаходяться неподалік від поверхні ґрунту

можна розділити на дві, відмінні за якістю та походженням, категорії. До першої належать так звані «підшкірні» води, які утворюються із атмосферних опадів над наближеними до поверхні водонепроникними горизонтами ґрунту. Вони мають низьку якість, через перенасичення розчиненими мінеральними та органічними рештками, в тому числі й тими, що знижують якість води та становлять загрозу для здоров'я людини і сталості довкілля. Така вода практично не використовується як питна, а через низькі запаси і як технічна. Однак, наявність таких вод має критичний вплив на безпеку будівництва. Інженерні споруди та житлові будинки, розміщені над місцями зосередження «підшкірних» вод, нестабільні та знаходяться під загрозою руйнування, унеможливають існування підземних приміщень чи комунікацій або вимагають додаткових затрат для стабілізації.

До другої категорії належать приповерхневі води, які піднімаються із більш глибоких горизонтів. Вони частково або повністю формуються джерельною водою і відіграють ключову роль в стабілізації живлення річок якісною водою і запобігають їхній евтрофікації. Таку воду в окремих випадках можна вживати як питну без попередньої обробки.

Угруповання в районі джерела можуть знаходитися на різних стадіях автогенної сукцесії [16]. При цьому на різній відстані від джерела можуть зустрічатися екосистеми на різній стадії природної динаміки та антропогенної трансформації. Візьмемо для порівняння два джерела в районі села Полохачів (Овруцька територіальна громада) – одне із них розташоване в молодому лісі, а інше – посеред лук. У першому випадку джерело та струмок, який від нього відходить, знаходяться посеред вологих лук (*Molinio-Arrhenatheretea* R.Tx 1937: *Molinetalia* Koch. 1926: *Calthion palustris* R.Tx 1937: *Scirpetum sylvatici* Ralski 1931). Тут домінує *Scirpus sylvaticus* L. Також присутні *Rubus caesius* L., *Urtica dioica* L., *Mentha arvensis* L. та *Calamagrostis canescens* (Web.) Roth. Спостерігається підріст *Populus tremula* L. Угруповання формує оселище із Резолюції 4 Бернської конвенції – «Мокрі або вологі евтрофні і мезотрофні луки» (E3.4 Moist or wet eutropic and mesotrophic grassland) [16]. Навколо лучної ділянки – неширока смуга молодих вільхових лісів (*Alnetea glutinosae* Br.-Bl. et Tüxen ex Westhoff, Dijk et al. 1946: *Alnetalia glutinosae* R.Tx 1937: *Alnion glutinosae* Malcuit 1929: *Carici elongatae-Alnetum glutinosae* Schwickerath 1933). В деревному ярусі крім *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. зустрічаються *Pinus sylvestris* L. та *Betula pendula* Roth. Трохи далі іде широка смуга відновлення лісів за участі *Pinus sylvestris*. Сформованого трав'яного ярусу, характерного для класу *Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1939 чи *Pyrolo-Pinetea* Korneck 1974, не спостерігається. Тут присутні види мезоксерофітних лук, розташованих на схід від джерела. Цими луками є угруповання: *Molinio-Arrhenatheretea: Galietalia veri* Mirk.

et Naum. 1986: *Agrostion vinealis* Sipaylova, Mirk., Shelyag et V.Sl. 1985: *Koelerio-Agrostietum vinealis* (Sipaylova et al. 1985) Shelyag et al. 1987, *Agrostio vinealis-Calamagrostietum epigeioris* (Shelyag et al. 1981) Shelyag, V.Sl. et Sipaylova 1985, *Agrostietum vinealis-tenuis* Shelyag et al. 1985, *Carici praecoci-Alopecuretum pratensis* Mirkin in Denisova et al. 1986, *Poa angustifoliae-Arrhenatheretum elatiori* Shevchyk et V.Sl. in Shevchyk et al., 1996, *Achillea submiefolium-Dactyletum glomeratae* Smetana, Derpoluk, Krasova 1997. Домінантами у всіх цих лучних угрупованнях виступають *Agrostis vinealis* Schreb., *Agrostis capillaris* L. та *Poa angustifolia* L. Територія водозбору, крім вищевказаних оселищ, вкрита типовими сосновими лісами: *Vaccinio-Piceetea: Pinetalia sylvestris* Oberdorfer 1957: *Dicrano-Pinion* (Libbert 1933) Matuszkiewicz 1962: *Cladonio-Pinetum* Juraszek 1927, *Dicrano-Pinetum* Preising et Knapp ex Oberdorfer 1957, *Peucedano-Pinetum* W.Mat (1962) 1973, *Veronico incanae-Pinetum* Bulokhov et Solomeshch 2003, *Molinio-Pinetum* W.Mat et J.Mat 1973.

Друге джерело розташоване ближче до дороги та населеного пункту. Безпосередньо навколо нього та вздовж струмка, який від нього витікає спостерігаються вологі луки (*Molinio-Arrhenatheretea: Molinetalia: Mentho longifoliae-Juncion inflexi* T. Müller et Görs ex de Foucault 2009: *Juncetum effusi* (Pauca 1941). Soó 1947). Тут переважають *Juncus effusus* L., *Lysimachia vulgaris* L., *Poa trivialis* L., *Coronaria flos-cuculi* (L.) A. Br. та *Athyrium filix-femina* (L.) Roth., *Poa pratensis* L. Цей лучний масив тягнеться на захід долиною річки Полохачівки. В 50 метрах від джерела знайдено червонокнижний вид *Dactylorhiza maculata* (L.) Soó. Із півдня до джерела прилягають верболози (*Franguletea* Doing ex Westhoff in Westhoff et Den Held 1969: *Salicetalia auritae* Doing 1962: *Salicion cinereae* Th. Müll et Görs ex Pass 1961: *Salicetum pentandro-cinereae* Pass 1961). Обидва рослинні угруповання присутні в Резолюції 4 Бернської конвенції – «Мокрі або вологі евтрофні і мезотрофні луки» (E3.4 Moist or wet eutropic and mesotrophic grassland) та «Прирічкові чагарники» (F9.1 Riverine scrub). Територія водозбору вкрита лучними, рудеральними та лісовими угрупованнями. Луки на схід від джерела плавно переходять від мезофітних (*Molinio-Arrhenatheretea: Arrhenatheretalia elatioris* Tüxen 1931: *Arrhenatherion elatioris* Luquet 1926: *Festucetum pratensis* Soó 1938, *Poëtum pratensis* Ravarut, Cazac et Turenschi 1956, *Trifolio-Festucetum rubrae* Oberdorfer 1957, *Anthoxantho odorati-Agrostietum tenuis* Sillinger 1933) до мезоксерофітних (*Molinio-Arrhenatheretea: Galietalia veri: Agrostion vinealis: Koelerio-Agrostietum vinealis, Agrostio vinealis-Calamagrostietum epigeioris, Agrostietum vinealis-tenuis, Potentillo argenteae-Poetum angustifoliae, Achillea submiefolium-Dactyletum glomeratae*). Лісові угруповання представлені типовими сосновими лісами: *Vaccinio-Piceetea:*

*Pinetalia sylvestris: Dicrano-Pinion: Dicrano-Pinetum, Molinio-Pinetum*. Рудеральні угруповання зустрічаються в південній частині території водозбору. *Artemisietea vulgaris* Lohmeyer et al. ex von Rochow 1951: *Agropyretalia intermedio-repentis* Th.Müll et Görs 1969: *Convolvulo-Agropyron repentis* Görs 1966: *Agropyretum repentis* Felföldy 1942, *Onopordetalia acanthii* Br.-Bl. et Tx. ex Klika et Hadač 1944: *Arction lappae* R.Tx 1937: *Echio-Verbascetum* Sissingh 1950; *Dauco-Melilotenion* Görs ex Rostański et Gutte 1971: *Berteroëtum incanae* Sissingh et Tideman ex Sissingh 1950, *Artemisio-Tanacetetum vulgaris* Br.-Bl 1931, *Dauco-Picridetum hieracioidis* Görs 1966, *Onopordion acanthii* Br.-Bl et al. 1926: *Potentilo-Artemisietum absintii* Faliński 1965, *Tanaceto-Artemisietum vulgaris* Br.-Bl (1931) 1949. Там, де відбувається активний рух води, в тому числі підйом на денну поверхню вод із нижніх горизонтів, частіше за все ми спостерігаємо комплекс, в центрі якого стоїть угруповання вологих лук *Scirpetum sylvatici*. Це відбувається в 45% обстежених нами джерел. Якщо відокремити від них ті, що розташовані в зрілих лісах, то показник зростає до 71%. Там, де відбувається застій води на глибині не більше 1 метра частіше за все зустрічається *Juncetum effusi*. Активні джерела із угрупованнями *Juncetum effusi* зустрічаються лише в 9%. Це спостерігається в так званих «петрівських криницях». Такі джерела є активними до середини літа, а потім їхній дебіт знижується практично до нуля. Отже, вони живляться із запасів талих вод та весняних опадів. Їхні водні запаси розташовані настільки близько до поверхні, що не здатні поповнитися із літніх опадів через нагрівання та інтенсивне випаровування. Ще однією ознакою, яка супроводжує формування цього угруповання є наявність підвищеного антропогенного впливу. Такі угруповання зустрічаються на дорогах і пасовищах, за наявності водонепроникного горизонту на глибині не більше 1 метра. Можливо, додатковим фактором для його форму-

вання є часткова залежність від ущільнення ґрунту копитами тварин, рекреаційним навантаженням чи транспортом. На пізніших стадіях автогенної сукцесії над обома типами запасів підземних вод формуються вільхові ліси класу *Alnetea glutinosae* 45% або, на пізніших стадіях, класу *Vaccinio-Piceetea* (27%). На досить порушених екотопах зустрічаються угруповання похідних лісів класу *Robinietea* (36%).

**Головні висновки.** Оцінку запасів та якості приповерхневих підземних вод неможливо здійснити за допомогою звичайною мультиспектральної зйомки, направленої на одне конкретне угруповання. Потрібно застосовувати елементи штучного інтелекту, які будуть виділяти на знімках певні комбінації угруповань.

Наближення підземних вод із нижніх водоносних горизонтів до поверхні ґрунту супроводжується виникненням комплексу угруповань, в центрі яких на луках та в похідних лісах знаходяться угруповання *Scirpetum sylvatici* (71%), оточені фітоценозами класу *Alnetea glutinosae*. Застій приповерхневих вод на глибині до 1 метра супроводжується формуванням рослинного угруповання *Juncetum effusi*.

У корінних лісах найчастіше наявність приповерхневих водоносних горизонтів супроводжується формуванням лісів класу *Alnetea glutinosae* (45%). Проте, Цей показник не є надійним, тому що такі ліси формуються і в умовах перезволоження ґрунту із інших причин.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Результати дослідження можуть бути використані для розробки більш досконалих методів пошуку природних джерел якісної питної води із використанням дистанційного зондування земної поверхні. Також, це зробить більш ефективним попереднє проектування житлових та індустріальних об'єктів в місцях із потужними підповерхневими водами.

### Література

1. Хом'як І.В., Козин М.С., Коцюба І.Ю., Василенко О.М., Власенко Р.П. Обґрунтування необхідності охорони витоків малих річок на прикладі Словечансько-Овруцького кряжу. *Екологічні науки*. 2022. № 1 (40). С. 28–32.
2. Козин М.С., Хом'як І.В. Синтаксономічна та екозоологічна характеристика природного джерела «Кам'яний брід». *Сталій розвиток країни в рамках Європейської інтеграції*: Тези Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених. Житомир: ЖДТУ, 2021. С. 104
3. Андрійчук Т.В., Хом'як І.В., Демчук Н.С., Власенко Р.П., Костюк В.С. Еколого-просвітницький маршрут «Священні джерела Словечансько-Овруцького кряжу». *Географія та туризм*. 2021. Т. 64. С. 53–60.
4. Bahrawi J. A., Elhag M. Consideration of seasonal variations on water radiometric indices for the estimation of soil moisture content in arid environment in Saudi Arabia. *Applied ecology and environmental research*. 2019. V.17(1). pp. 285–303.
5. Joao Serrano, Shakib Shahidian, Jose Marques da Silva. Evaluation of Normalized Difference Water Index as a Tool for Monitoring Pasture Seasonal and Inter-Annual Variability in a Medi-terranean Agro-Silvo-Pastoral System. *Water*. 2019. V. 11. pp. 62–82.
6. Yun Du, Yihang Zhang, Feng Ling, Qunming Wang, Wenbo Li, Xiaodong Li. Water Bodies Mapping from Sentinel-2 Imagery with Modified Normalized Difference Water Index at 10-m Spatial Resolution Produced by Sharpening the SWIR Band. *Remote Sensing*. 2016. V.8. pp. 354–373.
7. Gao B.C. NDWI – a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*. 1996. V.58. pp.257–266.
8. Xu H. Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*. 2006. Vol. 27. No. 14. pp. 3025–3033.

9. Тутковский П.А. Словечансько-Овруцький кряж і узбережжя ріки Словечни. Геологічний та геоморфологічний опис. Київ: Видавництво УАН, 1923. 59 с.
10. Смык Г.К. Овручско-Словечанский кряж. *Природа*. 1964. № 12. С. 63–66.
11. Harbar Oleksandr, Khomiak Ivan, Kotsiuba Iryna, Demchuk Nataliia and Onyshchuk Iryna. Anthropogenic and natural dynamics of landscape ecosystems of the Slovechansko-Ovruchsky ridge (Ukraine). *Socijalna ekologija*. 2021. № 3. P. 347–367.
12. Дубина, Д. В., Дзюба, Т. П., Ємельянова, С. М. та ін. Продромус рослинності України. Київ: Наукова думка, 2019. 784 с.
13. Westhoff V., Maarel E. van der. The Braun-Blanquet approach. *Handbook of Vegetation Science* / Ed. By R.H. Whittaker. The Hague, 1973. P. 619–726.
14. Дідух Я.П., Плюта П.Г. Фітоіндикація екологічних факторів Київ: Наукова думка, 1994. 280 с.
15. Хом'як І.В., Демчук Н.С., Василенко О.М. Фітоіндикація антропогенної трансформації екосистем на прикладі Українського Полісся. *Екологічні науки*. 2018. Вип. 3(22). С. 113–118.
16. Khomiak Ivan, Harbar Oleksandr, Demchuk Nataliia, Kotsiuba Iryna, and Onyshchuk Iryna. Above-ground phytomas dynamics in autogenic succession of an ecosystem. *Forestry ideas*. 2019. № 1. P. 136–146.
17. Davies C. E., Moss D., Hill M. O. EUNIS Habitat Classification Revised. Report to the European Environment Agency. European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity. Paris, 2004. 310 p.