

## ЗМІНА ВЕКТОРА ДИНАМІКИ АВТОГЕННОЇ СУКЦЕСІЇ ЕКОСИСТЕМ ПІД ВПЛИВОМ СКИДУ ЗВОРОТНИХ ВОД

Хом'як І.В.<sup>1</sup>, Онищук І.П.<sup>1</sup>, Медвідь О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Житомирський державний університет імені Івана Франка  
вул. Велика Бердичівська 40, 10005, Житомир

<sup>2</sup>Товариство із обмеженою відповідальністю «ЕКО-МБ»  
вул. Рильського, 9, оф. 521, 10014, м. Житомир  
[eko-mb@ukr.net](mailto:eko-mb@ukr.net), [ecosystem\\_lab@ukr.net](mailto:ecosystem_lab@ukr.net)

Водно-болотні угіддя та пов'язані із ними природні комплекси це складні та проблемні об'єкти для охорони природи. Разом із тим, вони мають найвищу екосозологічну цінність. Всестороннє та об'єктивне вивчення впливу людини на ці об'єкти є надзвичайно актуальним завданням сьогодення. Зокрема, метою даного дослідження є вплив викиду зворотних вод на процеси динаміки водних, прибережно-водних та прируслових екосистем Центрального Полісся. У відповідності до мети були сформувані такі завдання: визначити склад рослинності в районі скиду зворотних вод, класифікувати екосистеми на основі ознак їхніх автотрофних блоків, визначити раритетність досліджених екосистем та їхніх елементів, встановити вплив викиду зворотних вод на процеси динаміки екосистем [11]. Вплив зворотних вод проявляється на рівні формування водної, прибережно-водної та прируслової рослинності. В меліоративних канавах куди не потрапляють зворотні води відсутні сформовані водні та прибережно-водні угруповання. Лучні екосистеми – це переважно мезофітні та мезоксерофітні угруповання класу *Molinio-Arrhenatheretea*. Лише в зоні дії зворотних вод, вздовж меліоративних каналів зустрічаються вологі луки асоціації *Scirpetum sylvatici*. Похідні ліси належать до двох типів – суходільні (клас *Robinietaea*) та прибережні (клас *Salicetea purpurea*). Перша група переважає поза впливом зворотних вод, а в другому вони є головним джерелом води. В місцях максимальної дії зворотних вод зустрічаються типові оселища класу *Alnetea glutinosae*. Загальне фітоценотичне різноманіття досліджуваної території складає 13 класів, 16 порядків, 26 союзів, 32 асоціації за класифікацією Браун-Бланке. У зоні впливу зворотних вод на водний режим меліоративних каналів та пов'язаних із ними малих річок, спостерігається зміщення в бік формування природних прируслових, водних та прибережно-водних оселищ [10]. Площі раритетних оселищ «Е3.4. Мокрі або вологі евтрофні і мезотрофні луки», «F9.1 Прирічкові чагарники» та «G1.11 Прибережні вербові ліси» резолюції 4 Бернської конвенції помітно зростають в зоні скиду зворотних вод. **Ключові слова:** раритетні оселища, сукцесії, меліорація, відновлювальна екологія.

**Change in the dynamics vector of autogenic succession of ecosystems under the influence of return water discharge. Khomiak I. Onyshchuk I., Medvid O.**

Wetlands and associated natural complexes are complex and problematic objects for nature protection. At the same time, they have the highest ecological value. A comprehensive and objective study of human impact on these objects is a highly urgent task. The purpose of the study is to the influence of return water discharge on the processes of the dynamics of aquatic, coastal-aquatic, and near-river ecosystems of Central Polissia. In accordance with the goal, the following tasks were set: to determine the composition of vegetation in the area of return water discharge, to classify ecosystems based on the characteristics of their autotrophic blocks, to determine the rarity of the studied ecosystems, to establish the impact of return water discharge on the processes of ecosystem dynamics. The influence of backwaters is manifested at the level of the formation of aquatic, coastal-aquatic, and riparian vegetation. In reclamation ditches where return water does not enter, no formed water and coastal-water groups exist. Meadow ecosystems are mainly mesophytic and mesoxerophytic communities of the *Molinio-Arrhenatheretea* class. Wet meadows of the *Scirpetum sylvatici* association are found only in the area of return water, along the melioration ditches. Derived forests belong to two types - terrestrial (class *Robinietaea*) and coastal (class *Salicetea purpurea*). The first group prevails outside the influence of return waters, and the second they are the main source of water. Typical habitats of the *Alnetea glutinosae* class are found in places of maximum return water action. The total phytocoenotic diversity of the studied territory is 13 classes, 16 orders, 26 unions, and 32 associations according to the Brown Blanke classification. In the zone of influence of return waters on the water regime of reclamation ditches and small rivers connected with them, there is a shift towards the formation of natural riparian, aquatic and coastal-aquatic habitats. Areas of rare dwellings "E3.4. Wet or moist eutrophic and mesotrophic meadows", "F9.1 Riparian shrubs" and "G1.11 Coastal willow forests" of Resolution 4 of the Berne Convention are growing noticeably in the return water discharge zone. **Key words:** rare habitats, successions, land reclamation, restoration ecology.

**Вступ.** Проблема поводження із промисловими відходами багатогранна і її не можна розглядати в спрощеному ключі поміж проблемою нормування викидів, їхньої утилізації та переробки. Ілюстрацією цьому твердженню є поводження із зворотними водами гірничо-видобувних підприємств. Прийнято звертати увагу, в основному на концентрації хімічних речовин в них та їхній вплив на оселища водойм [14]. Однак, їхня взаємодія із навколишнім

середовищем набагато складніше та багатогранніша. Вони змінюють не лише хімічний склад води а й її обсяг, регулярність наповнення водойм, коливання рівня води в самій водоймі та її прибережній ділянці [20]. Це безпосередньо впливає на водні й прибережно-водні екосистеми та опосередковано на прируслові й заплавні. Оскільки людська діяльність, через зміни в глобальному кліматі та нераціональне господарювання в межах долинах малих річок, призвела

до їхньої деградації та знищення, то вивчення вищезазначеного впливу на динаміку екосистем є актуальною задачею сучасної екології.

#### Огляд попередніх підходів

Наприкінці ХХ століття підходи до охорони природи радикально змінилися. Ми охороняємо не види чи окремі ландшафти від прямого антропогенного впливу, а намагаємось зберегти сталість оптимальних умов середовища їхніх оселищ. Це вимагає переходу на оселищний рівень охорони довкілля із використанням методів моделювання та прогнозування прямих та опосередкованих впливів людини на екосистеми [12]. Оскільки, екосистеми це відкриті динамічні системи, то при цьому ми маємо враховувати взаємозв'язок антропогенних факторів із сукцесіями, які відбуваються в досліджуваних екосистемах [10].

Водно-болотні угіддя та пов'язані із ними природні комплекси є досить складними об'єктами для охорони [3]. Навіть без впливу людської діяльності їхні сукцесії здатні відбуватися за різними сценаріями, а динаміка часто є виразно нелінійною [16]. Разом із тим вони мають найвищу екосозологічну цінність.

За звичай, автогенна динаміка екосистем призводить до активного накопичення фітомаси та наближає їх до кліматичного клімаксу [17]. В водно-болотних оселищах цей процес за часту іде за іншими сценаріями. Наприклад, накопичення торфу на дні водойми призупиняє наближення до кліматичного клімаксу на тривалий час. Тут на стадії оліготрофних боліт може протягом багатьох століть існувати катастрофічний клімакс. Ще одним прикладом можуть бути русла річок, які змінюють свої обриси в залежності від процесів водної ерозії та замулювання. Тоді, як для більшості випадків антропогенного впливу на екосистеми суходолу спостерігається процес, який зміщує динаміку в протилежний від клімаксового атрактора [13] бік у водних екосистемах це зміщення може відбуватися у різних напрямках [5]. Отже, коли ми прогнозуємо наслідки скиду зворотних вод, то маємо враховувати їхній вплив на провідні фактори, які визначають вектори та темп динаміки водних екосистем. Мова йде про багаторічний режим зволоження й загальний сольовий режим, а також, про фактори, які впливають на них опосередковано [7]. Також важливим є порівняння змін в рослинності в місцях, що знаходяться під впливом скиду і за його межами.

**Метою дослідження** є вплив викиду зворотних вод на процеси динаміки водних, прибережно-водних та прируслових екосистем Центрального Полісся.

У відповідності до мети були поставлені такі завдання:

- Визначити склад рослинності в районі скиду зворотних вод.
- Класифікувати екосистеми на основі ознак їхніх автотрофних блоків.
- Визначити паритетність досліджених екосистем.

- Встановити вплив викиду зворотних вод на процеси динаміки екосистем.

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження проводилися в 2022 році за стандартними маршрутно-експедиційними і камеральними геоботанічними методами на території розробки Пекарщинського родовища гранітів. Рослинні угруповання визначалися за допомогою створення стандартних геоботанічних описів та їхня обробка із використанням програми TURBOVEG for Windows [19]. Назви рослинних угруповань визначалися за допомогою продрому рослинності України за 2019 рік [3]. Показники чинників середовища [1] в тому числі інтегрований показник антропогенної трансформації та показник динаміки визначалися із використанням синфітоіндикаційних методів за допомогою пакету програм «Simargl 1.12» [8].

**Результати досліджень та їхнє обговорення.** Загальне фітоценотичне різноманіття досліджуваної території складає 13 класів, 16 порядків, 26 союзів, 32 асоціацій за класифікацією Браун-Бланке. Синтаксономічна схема рослинності має такий вигляд:

*Phragmiti-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941: *Nasturcio-Glycerietalia* Pignatti 1953: *Glycerio-Sparganion fluitans* Br.-Bl et Siss in Boer 1942: *Glycerietum fluitantis* Nowiński 1930; *Phragmitetalia* Koch 1926: *Phragmition* Koch 1926: *Phragmitetum australis* Savič 1926, *Typhetum angustifoliae* Pignatti 1953. *Molinio-Arrhenatheretea* R.Tx 1937: *Galietales veri* Mirk. et Naum. 1986: *Agrostion vinealis* Sipaylova, Mirk., Shelyag et V.Sl. 1985.; *Agrostio vinealis-Calamagrostietum epigeioris* (Shelyag et al. 1981) Shelyag, V.Sl. et Sipaylova 1985, *Agrostietum vinealistenueis* Shelyag et al. 1985, *Potentillo argenteae-Poetum angustifoliae* Solomakha 1996, *Achillea submiefolium-Dactyletum glomeratae* Smetana, Derpoluk, Krasova 1997; *Molinetalia* Koch. 1926: *Calthion palustris* R.Tx 1937: *Scirpetum sylvatici* Ralski 1931. *Trifolio-Geranietales* Th.Müll 1962: *Origanetalia* Th.Müll 1962: *Trifolion medii* Th.Müll 1962: *Agrimonio-Vicetum cassubicae* (Passarge 1967) Dengler et al 2006, *Agrimonio eupatoriae-Trifolietum medii* (T. Müller 1962) Dengler et al. 2003. *Sedo-Scleranthetetea* Br.-Bl. 1955: *Sedo-Scleranthetalia* Br.-Bl. 1955: *Hyperico perforati-Scleranthion perennis* Moravec 1967: *Thymo pulegioidis-Sedetum sexangularis* Didukh et Kontar 1998. *Epilobietea angustifolii* Tx. et Preisling ex von Rochow 1951 *Galeopsio-Senecionetalia sylvatici* Passarge 1981: *Epilobion angustifolii* Oberd. 1957: *Rubetum idaei* Gams 1927, *Calamagrostietum epigii* Juraszek 1928. *Robinietales* Jurco ex Hadac et Sofron 1980: *Sambucetalia racemosae* Oberd. ex Doing 1962: *Sambuco-Salicion capreae* Tx. et Neum et Oberd.1957: *Salicetum capreae* Schreier 1955. *Salicetea purpurea* Moor 1958: *Salicetalia purpureae* Moor 1958: *Salicion albae* de Soó 1951: *Salicetum albae* Issler 1926, *Populetum nigro-albae* Slavnić 1952.

*Alnetea glutinosae* Br.-Bl. et Tüxen ex Westhoff, Dijk et al. 1946; *Alnetalia glutinosae* R.Tx 1937; *Alnion glutinosae* Malcuit 1929; *Ribeso nigri-Alnetum* Sol.-Gorn (1975) 1987. *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 194; *Onopordetalia acanthii* Br.-Bl. et Tx. ex Klika et Hadač 1944; *Arction lappae* R.Tx 1937; *Leonuro-Arctietum* Felföldy 1942, *Echio-Verbascetum* Sissingh 1950; *Dauco-Melilotenion* Görs ex Rostański et Gutte 1971; *Berteroëtum incanae* Sissingh et Tideman ex Sissingh 1950, *Dauco-Picridetum hieracioidis* Görs 1966; *Onopordion acanthii* Br.-Bl et al. 1926; *Onopordetum acanthii* Br.-Bl 1926, *Potentilo-Artemisietum absintii* Faliński 1965, *Tanaceto-Artemisietum vulgaris* Br.-Bl (1931) 1949. *Polygono arenastri-Poëtea annuae* Rivas-Martínez 1975; *Polygono arenastri-Poëtalía annuae* Tx. in Géhu et al. 1972 corr. Rivas Martínez et al. 1991; *Polygono-Coronopion* Sissingh 1969; *Polygonetum arenastri* Gams 1927 corr. Lániková in Chytrý 2009. *Plantagenetea majoris* Tx. et Preising ex von Rochow 1951; *Potentillo-Polygonetalia avicularis* R. Tx. 1947; *Plantagini-Prunellion* Eliáš 1980; *Agrostio tenuis-Poetum annuae* Gutte et Hilbig 1975, *Prunello-Plantaginetum* Faliński 1963, *Festuco pratensis-Plantaginetum* Balserc et Pawlak 2000; *Potentillion anserinae* Tüxen 1947; *Potentilletum anserinae* Rapaics 1927. *Galio-Urticetea* Passrge et Kopecký 1969; *Galio aparines-Alliarietalia petiolatae* Oberdorfer ex Görs et. T. Müller 1969; *Aegopodion podagrariae* R.Tx 1967; *Elytrigio repentis-Aegopodietum podagrariae* Tüxen 1967. *Bidentetea tripartiti* Tx. et al. ex von Rochow 1951; *Bidentetalia tripartiti* Br.- Bl. et R. Tx. ex Klika et Hadač 1944; *Bidention tripartiti* Nordhagen ex Klika et Hadač 1944; *Rumici maritimi-Ranunculetum scelerati* Oberdorfer 1957.

Також, було описано відносно великі площі зайняті лишайниковими угрупованнями класу *Ceratodonto purpurei-Polytrichetea piliferi* Mohan 1978; *Peltigeretalia* Klement 1949; *Cladonion arbusculae* Klement 1949; *Cladonietum mitis* Krieger 1937. На досліджуваній території відмічено угруповання мохів роду *Philonotis*, яке не представлено Продромусі рослинності України.

Водойми території родовища тимчасові або перешихаючі. Усі вони мають штучне походження – елементи виробітку, каналу, відстійники. В зоні впливу знаходиться система меліоративних каналів, з'єднаних із річкою Тростяниця. Зворотні води потрапляють в меліоративну каналу через відстійник. Канави замулені та мають незначний та непостійний рівень води [18]. Поза межами впливу зворотних вод, вони практично позбавлені типових водних та прибережно-водних оселищ. Тут, зазвичай, зустрічаються прируслові вербові ліси. Вони мають вигляд екотонів із похідними лісами класу *Robinietea*. На решті території родовища тимчасові водойми не мають

добре сформованих водних та водно-болотних рослинних угруповань. В межах каналів продовжують домінувати типові суходільні фітоценози. Лише в окремих місцях спостерігаються ранні стадії формування асоціацій *Phragmitetum australis* та *Typhetum angustifoliae* класу.

У місцях, куди потрапляють зворотні води, на дні меліоративної каналу зустрічаються угруповання асоціації *Glycerietum fluitantis* (клас *Phragmiti-Magnocaricetea*). В самому відстійнику спостерігається також невисокий та несталый рівень води. Більшість площі відстійника займає монодомінантне мохове угруповання із представників роду *Philonotis*.

Лучні екосистеми – це перелоги на злаковій стадії відновлення природної рослинності. Переважно, це мезофітні та мезоксерофітні угруповання класу *Molinio-Arrhenatheretea*. Найчастіше зустрічаються асоціації *Agrostio vinealis-Calamagrostietum epigeioris* та *Agrostietum vinealis-tenuis*, *Potentillo argenteae-Poetum angustifoliae*. В зоні дії зворотних вод, вздовж меліоративних каналів нами виявлені вологі луки асоціації *Scirpetum sylvatici*. Ця асоціація відноситься до категорії «Е3.4. Мокрі або вологі евтрофні і мезотрофні луки» резолюції 4 Бернської конвенції [4]. Поруч із ними на узліссях похідних лісів зустрічаються угруповання класу *Trifolio-Geranietea*. Частіше за все це асоціації *Agrimonio-Vicetum cassubicae* та *Agrimonio eupatoriae-Trifolietum medii*. На ділянках із погано сформованим ґрунтовим покривом виявлені угруповання *Sedo-Scleranthetea*. Частіше за все це асоціація *Thymo pulegioidis-Sedetum sexangularis*. На більш засушливих та порушених ділянках проживають лишайникові угруповання класу *Ceratodonto purpurei-Polytrichetea piliferi*. На відміну від номенклатурного типу асоціації *Cladonietum mitis* присутня велика частка злаків костриці овечої, мітлиці звичайної та виноградникової. Інколи костриця овеча формує монодомінантні синузії. На більш пізніх стадіях автогенної сукцесії формуються угруповання класу *Epilobietea angustifolii*. Частіше за все це асоціація *Calamagrostietum epigii*, рідше – *Rubetum idaei*.

Похідні ліси належать до двох типів – суходільні (клас *Robinietea*) та прибережні (клас *Salicetea purpurea*) [10]. Суходільні похідні ліси представлені асоціацією *Salicetum capreae*. Прибережні похідні ліси – це асоціації *Salicetum albae* та *Populetum nigro-albae*. Ці оселища за своїм статусом наближаються до «F9.1 Прирічкові чагарники» та «G1.11 Прибережні вербові ліси» резолюції 4 Бернської конвенції. Спостерігається прямий вплив зворотних вод на співвідношення між цими класами. В місцях максимальної дії зворотних вод зустрічаються типові оселища класу *Alnetea glutinosae*, асоціації *Ribeso nigri-Alnetum*. Вона сформована із молодих дерев вільхи звичайної. В її чагарниковому ярусі зустрічаються калина звичайна, верба попеляста та ламка. Трав'яний ярус сформований переважно із комишу лісового.

Синантропні угруповання представлені 5 класами: *Artemisietea vulgaris*, *Polygono arenastri-Poëtea annuae*, *Plantagenetea majoris*, *Galio-Urticetea ma Bidentetea tripartiti*. Слід зазначити, що площі цих оселищ відносно невеликі. Вони зосереджені вздовж доріг та бортів кар'єру. Їхній покрив досить розріджений в багатьох місцях загальне проективне покриття нижче за 50-30%. На порушених ділянках спостерігається поширення розріджених ценозів асоціації *Agropyretum repentis*. Вздовж доріг трапляються асоціації *Tanaceto-Artemisietum vulgaris*, *Leonuro-Arctietum*, *Echio-Verbascetum*. На перелогах зустрічаються острівці асоціації *Onopordetum acanthii*, *Berteroëtum incanae*, *Dauco-Picridetum hieracioidis*. Найбільш витоптані ділянки зайняті рудеральними угрупованнями класів *Polygono arenastri-Poëtea annuae*, *Plantagenetea majoris*. В місцях накопичення органіки формуються рудеральні оселища нітрофікованих узлісь асоціації *Elytrigio repentis-Aegopodietum podagrariae* (клас *Galio-Urticetea*). Його формують

підмаренник чіпкий, кропива дводомна, пирій повзучий і осока шостковолосиста. Оселища цієї території досить вразливі для рослинних інвазій, що вимагає регулярних заходів з моніторингу рослинності та оселищ. На територію планової діяльності проникає інвазійний вид трансформер *Solidago canadensis*.

**Висновки.** Загальне фітоценотичне різноманіття досліджуваної території складає 13 класів, 16 порядків, 26 союзів, 32 асоціацій за класифікацією Браун Бланке.

У зоні впливу зворотних вод на водний режим меліоративних каналів та пов'язаних із ними малих річок спостерігається зміщення в бік формування природних прируслових, водних та прибережно-водних оселищ.

Площі раритетних оселищ «Е3.4. Мокрі або вологі евтрофні і мезотрофні луки», «F9.1 Прирічкові чагарники» та «G1.11 Прибережні вербові ліси» резолюції 4 Бернської конвенції помітно зростають в зоні скиду зворотних вод.

### Література

1. Дідух Я.П., Плюта П.Г. Фітоіндикація екологічних факторів Київ: Наукова думка, 1994. 280 с.
2. Дубина Д.В., Устименко П.М. Антропогенна трансформація та оцінка збалансованості площ рослинності верхнього басейну р. Тиси. Чорноморськ. бот. ж. 2008. № 1(4). С. 14–25.
3. Дубина, Д. В., Дзюба, Т. П., Ємельянова, С. М. та ін. Прогномус рослинності України. Київ. Наукова думка, 2019. 784 с.
4. Категорії та критерії червоного списку МСОП: Версія 3.1. 2-ге вид. Пер. з англ. Київ, 2017. 36 с. URL: [https://nc.iucnredlist.org/redlist001redlistcats\\_crit\\_ucranian.pdf](https://nc.iucnredlist.org/redlist001redlistcats_crit_ucranian.pdf) (дата звернення 25.01.2023).
5. Тимченко А. Ю., Хом'як І. В. Автогенні сукцесії в екосистемах гірничих виробок в долині річки Гуйва. *Біологічні дослідження – 2019*: Збірник наукових праць. Житомир: «Полісся», 2019. С. 353-354.
6. Хом'як І.В. Екосистемологія: Навчальний посібник. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2022. 235 с.
7. Хом'як І.В., Гарбар Д.А., Андрійчук Т.В., Костюк В.С., Власенко Р.П. Динаміка відновлюваної рослинності піщаних кар'єрів Житомирського Полісся. *Екологічні науки*. 2021. № 6 (39). С. 204–207.
8. 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.
9. 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.
10. Хом'як І.В. Синтаксономія відновлюваної рослинності кар'єрів Центрального Полісся. *Український ботанічний журнал*. 2022. № 79(3). С. 142–153.
11. Червона книга України. Рослинний світ. М-во охорони навколишнього природного середовища України. Нац. Акад. наук України / за ред. Я. П. Дідуха. Київ. Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.
12. 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.
13. 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.
14. Helgeson Tom. A Reconnaissance-Level Quantitative Comparison of Reclaimed Water, Surface Water, and Groundwater. Alexandria. VA: WateReuse Research Foundation, 2009. p. 141.
15. Hennekens, S.M., Schaminée, J.H.J. Turboveg, a comprehensive database management system for vegetation data. *J. Veg. Sci*. 2001. № 12. 589–591.
16. Keith R. Skene. The energetics of ecological succession: A logistic model of entropic output. *Ecological Modelling*. 2013. № 250 (10) P. 287–293.
17. 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.
18. Lopes Ana Rita, Becerra-Castro, Cristina, Vaz-Moreira, Ivone, Silva, M. Elisabete F.; Nunes, Olga C.; Manaia, Célia M. Irrigation with Treated Wastewater: Potential Impacts on Microbial Function and Diversity in Agricultural Soils. *Wastewater Reuse and Current Challenges. The Handbook of Environmental Chemistry*. 2015. Vol. 44. P. 105–128.
19. 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.
20. Zhang S. X. Babovic V. A real options approach to the design and architecture of water supply systems using innovative water technologies under uncertainty". *Journal of Hydroinformatics*. 2012. № 14. P. 13–29.