

**ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF DISTRIBUTION SUBSTATIONS:  
THE CASE OF PHYTOINDICATION**

O.V. Zhukov <sup>[1]</sup> <sup>[2]</sup>, O.V. Potapenko <sup>[2]</sup>

<sup>1</sup>*Oles Honchar Dnipropetrovsk National University*

*Gagarina Prospekt 72, Dnipro, Ukraine, 49010*

*email: [zhukov\\_dnepr@rambler.ru](mailto:zhukov_dnepr@rambler.ru) tel. +380985079682*

<sup>2</sup>*Dnipropetrovsk State Agrarian and Economics University*

*Voroshylova Str. 25, Dnipro, Ukraine, 49027*

*email: [e1ena1551@rambler.ru](mailto:e1ena1551@rambler.ru) me.n. +38050 348 44 68*

In present article the synphytoindication of environmental conditions formed in the areas of power substations and set the direction of environmental transformations caused by soil contamination substations technological oil have been performed. Studies have been conducted in the autumn of 2016. Relevés have been made on 19 power substations. Geobotanical description have been within each sub-station separately for control site, which has not experienced the negative impact of oil spills and technological area with obvious traces of the spill process oil. Moreover, the substations within the description made in additional areas. The total number of relevés is 51, of which 22 are in control conditions and 29 are in process oil contaminated sites. In terms hygromorphes investigated edaphotopes can be attributed to those that are favorable for plant environmental group sub-mesophytes. The variability of damping forms the regime that are favorable to the ecological group of hemi-hydrocontrastophiles. The soil acidity forms favorable regime for sub-acidophiles. The total salt regime may be stated as being favorable for mesotrophes. The regime of the carbonate content in soil may be attributed to those that are favorable for acarbonatophiles. The nitrogen content in soil are favorable for hemi-nitrophiles. The soil aeration is favorable for sub-aerophiles. The thermal climate of ecotypes can be considered as immoral. In the study area the radiation balance of 2045.3 MJ • m<sup>2</sup> • hr<sup>-1</sup>. The humidity can be evaluated as such, which is favorable sub-aridophytes. The difference between the amount of precipitation and evaporation according to phytoindication is –299.1 mm. The continentality of climate can be estimated as hemi-continental. The phytoindication evaluation reveals that the temperature of the coldest month is –4,8 ° C. The light mode is heliophyte friendly. The synphytoindication method has been shown to be a quite informative for environmental regimes detection due to anthropogenic transformation of ecotops. Ability to use tools phytoindication designed for natural ecosystems, for the purposes of the environmental assessment of anthropogenically transformed areas, caused by non-specific nature of the response of communities living organisms on pollution. Against the background of the natural gradient, which is subject to environmental conditions in the relevant part of the steppe zone, where power substations are studied, and their vegetation cover reflects some of the specific features inherent in this is man-made formations. First of all, it thermal climate whose valuation is impossible to explain the relevant gradients. This feature of the thermal climate accompanied by increased light mode and an increased level of human-induced soil aeration. We obtained evidence that pollution leads to unification of ecological structure of the plant community. Under the influence of pollution there is a transition to a final state, which is to some extent independent of the initial ecological diversity of communities. Unification of ecological structure of vegetation under the influence of soil contamination with oil technology is a testament to the unification of the environmental conditions.

**Keywords:** *phytoindication, soil pollution, electrical substation, cluster analysis, ecological diversity, plant communities*

**Citation:**

Zhukv, O.V., Potapenko, O.V. (2016). Environmental impact assessment of distribution substations: the case of phytoindication. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7(1), 5–21.

**Submitted:** 25.12.2016

**Accepted:** 29.01.2017

**crossref** <http://dx.doi.org/10.15421/201701>

© Zhukov, Potapenko, 2017

Users are permitted to copy, use, distribute, transmit, and display the work publicly and to make and distribute derivative works, in any digital medium for any responsible purpose, subject to proper attribution of authorship.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 3.0. License

## ФІТОІНДИКАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНИХ УМОВ У МЕЖАХ ТЕРИТОРІЙ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПІДСТАНЦІЙ

О.В. Жуков <sup>[1]</sup> <sup>[2]</sup>, О.В. Потапенко <sup>[2]</sup>

<sup>1</sup>Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
пр. Гагаріна, 72, м. Дніпро, Україна, 49010  
email: [zhukov\\_dnepr@rambler.ru](mailto:zhukov_dnepr@rambler.ru) тел. +380985079682

<sup>2</sup>Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет  
вул. Ворошилова, 25, Дніпро, Україна, 49027  
email: [e1ena1551@rambler.ru](mailto:e1ena1551@rambler.ru) тел. +38050 348 44 68

В роботі проведена синфітоіндикація екологічних режимів, які формуються на територіях енергетичних підстанцій та встановлений напрямок екологічних трансформацій, викликаних забрудненням ґрунту підстанцій технологічною олією. Показано, що синфітоіндикація є інформативним методом для встановлення екологічних режимів за умов антропогенної трансформації екотопів. Можливість використання інструментарію фітоіндикації, розробленого для природних екосистем, для цілей екологічної оцінки антропогенно трансформованих територій обумовлена неспецифічним характером реагування угруповань живих організмів на забруднення навколишнього середовища. На фоні природних градієнтів, яким підкоряється екологічна обстановка у відповідній частині степової зони, де знаходяться досліджені енергетичні підстанції, їх рослинний покрив віддзеркалює певні специфічні риси, притаманні саме цим антропогенним утворенням. Передусім, це термоклімат, оцінки якого неможливо пояснити відповідними градієнтами. Ця особливість термоклімату супроводжується підвищеним світловим режимом та підвищеним рівнем аерації антропогенних ґрунтів. Одержані свідчення того, що забруднення призводить до уніфікації екологічної структури рослинного угруповання. Під впливом забруднення відбувається перехід у визначений кінцевий стан, який певною мірою не залежить від початкового екологічного різноманіття угруповань. Уніфікація екологічної структури рослинності під впливом забруднення ґрунту технологічною олією є свідченням уніфікації екологічних режимів.

**Ключові слова:** *фітоіндикація, забруднення ґрунтів, електричні підстанції, кластерний аналіз, екологічне різноманіття, угруповання рослин*

## ФИТОИНДИКАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ПРЕДЕЛАХ ТЕРРИТОРИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЙ

А.В. Жуков <sup>[1]</sup> <sup>[2]</sup>, Е.В. Потапенко <sup>[2]</sup>

<sup>1</sup>Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара  
пр. Гагарина, 72, г. Днепр, Украина, 49010  
email: [zhukov\\_dnepr@rambler.ru](mailto:zhukov_dnepr@rambler.ru) тел. +380985079682

<sup>2</sup>Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет  
ул. Ворошилова, 25, г. Днепр, Украина, 49027  
email: [e1ena1551@rambler.ru](mailto:e1ena1551@rambler.ru) тел. +38050 348 44 68

В работе выполнена синфитоиндикация экологических режимов, которые формируются на территориях энергетических подстанций и установлены направления экологических трансформаций, вызванных загрязнением почвы подстанций технологическим маслом. Показано, что синфитоиндикация является информативным методом для установления экологических режимов в условиях антропогенной трансформации экотопов. Возможность использования инструментария фитоиндикации, разработанного для естественных экосистем, для целей экологической оценки антропогенно трансформированных территорий, обусловлена неспецифическим характером реагирования сообществ живых организмов на загрязнение окружающей среды. На фоне естественных градиентов, которым подчиняется экологическая обстановка в соответствующей части степной зоны, где находятся исследованные энергетические подстанции, их растительный покров отражает некоторые специфические черты, присущие именно этим антропогенным образованиям. Прежде всего, это термоклимат, оценки которого невозможно объяснить соответствующими градиентами. Эта особенность термоклимата сопровождается повышенным световым режимом и повышенным уровнем аэрации антропогенных почв. Получены свидетельства того, что загрязнение приводит к унификации экологической структуры растительного сообщества. Под влиянием загрязнения происходит переход в некоторое конечное состояние, которое в определенной мере не зависит от начального экологического разнообразия сообществ. Унификация экологической структуры растительности под влиянием загрязнения почвы технологическим маслом является свидетельством унификации экологических режимов.

**Ключевые слова:** *фитоиндикация, загрязнение почв, электрические подстанции, кластерный анализ, экологическое разнообразие, сообщества растений*

## ВСТУП

У наш час у зв'язку зі зростаючим негативним впливом діяльності людини на біосферу та геомериду перед ботанікою виникають нові завдання. Вони полягають у науковому осмисленні способів підтримки сприятливих екологічних умов для забезпечення еволюції рослинного світу який є сполучною ланкою між Сонцем і життям на Землі та виступає у якості біоенергетичної основи всіх трофічних зв'язків у біосфері (Глухов, Хархота, 2006). Ось чому ХХ століття породило вибухову диференціацію в біології та велику кількість нових ботанічних наук та їх напрямків. Зокрема виникли степове лісознавство (Бельгард, 1950, 1971), космічна ботаніка, ейдологія, генетика рослин, біологія розвитку, теоретична ботаніка (Глухов, Хархота, 2006), созологічна фітосферологія (Шеляг-Сосонко, Попович, 1997), екосистемологія (Голубец, 2000) та ін. Промислова ботаніка як нова галузь ботанічних знань запропонована В. В. Тарчевським, який так визначив цю науку: «...промислова ботаніка ставить своїм завданням вивчення особливостей будови, росту та розвитку рослин і формування фітоценозів у зоні дії забруднень промислових підприємств і нейтралізацію останніх у цих умовах за допомогою рослинності» (Тарчевский, 1970).

Постійне зростання техногенної трансформації навколишнього середовища ставить важливе та актуальне завдання пошуку індикаторів для оцінки стану антропогенно-трансформованого середовища (Глухов, Прохорова, 2008).

Поширеним і стійким є хімічне забруднення навколишнього середовища. Воно відбувається через надходження у ґрунти та водойми різних шкідливих домішок неорганічного (кислоти, луки, мінеральні солі та добрива) та органічного (нафта, нафтопродукти, миючі засоби) складу. До нафтопродуктів належить пальне, масла і мастила, бітуми та деякі інші продукти, які є вуглеводнями різних класів. Вуглеводні, що входять до складу нафтопродуктів, діють токсично на живі організми та уражають серцево-судинну та нервову систему (Тогачинська, 2014). Загальна картина нафтового забруднення має фрагментарний характер, і тому точної оцінки загальних тенденцій одержати неможливо. Аналіз результатів досліджень свідчить про неухильне зростання вмісту у водних об'єктах України нафтопродуктів (Зеркалов, 2012).

Однією з проблем сучасності є урбанізація території країн, що мають високу долю міського населення. Виникає питання незабезпеченості міст природно-ресурсним потенціалом, що виражається в недостатній площі зелених насаджень, розвитку небезпечних геодинамічних процесів (карстово-суфозійні, зсувні, підтоплення тощо), забрудненні повітряного та водного середовищ. Це призводить до втрати стійкості територій, збільшенню абіотичної системи, підвищенню ступеня екологічного ризику для усіх компонентів навколишнього середовища: повітря, рослинності, води та ґрунтів (Герасімова, 2003). Забруднення ґрунтів нафтопродуктами відбувається скрізь в населених пунктах, навколо АЗС, уздовж доріг, усюди, де відбувається пов'язана з нафтою діяльність людини. Для кожного регіону існує свій природний регіональний фон вмісту вуглеводнів у ґрунтах. Цей фон коливається у широких межах – від 10 до 500 мг на 1 кг сухої ваги ґрунту. В цих границях нафтопродукти помітно не впливають на навколишнє середовище (Герасімова, 2003).

Нафта і нафтопродукти чинять як прямий, так і опосередкований вплив на біологічну активність ґрунтів, що призводить до глибокої зміни практично усіх основних характеристик ґрунту – морфологічних, фізичних, хімічних та біологічних властивостей (Калашнікова, Теодорович, 2013). Ґрунти вважаються забрудненими, якщо вміст нафтопродуктів досягає такої величини, коли починаються негативні зміни в ґрунтах та навколишньому середовищі, порушується біологічне різноманіття, спостерігається загибель одних мікроорганізмів та гіпертрофоване зростання інших, зменшується біологічна продуктивність або відбувається загибель рослин, спостерігається деградація ґрунтових властивостей, а потім і ґрунтів (Герасімова, 2003). Дослідження показали високу чутливість воднофізичних властивостей ґрунтів до їх залишкового забруднення вуглеводнями нафти, що відображається у зниженні коефіцієнту фільтрації (Петряшин та ін., 1984), зменшенню питомої поверхні твердої фази, зниженню сорбційної здатності та капілярної вологості, звуженням діапазону продуктивної вологи більше, ніж в 4 рази на автоморфних позиціях (Єжелєв, 2015). Унаслідок руйнування ґрунтових структур і диспергування ґрунтових часток знижується водопроникність ґрунтів, порушується фільтраційний режим ґрунтів. У забруднених ґрунтах різко зростає співвідношення між вуглецем і азотом за рахунок вуглецю нафти. Це погіршує азотний режим ґрунтів і порушує кореневе живлення рослин (Петряшин та ін., 1984). Виявлено різницю у ступені забруднення ґрунтів, що розташовані на різних відмітках рельєфу (Єжелєв, 2015).

При нафтовому забрудненні на рівні  $\leq 5$  мг/кг ґрунту проявляється стимулюючий ефект на проростання і ранній розвиток рослин. Нафтове забруднення до 20 мг/кг суттєво не впливає на їх розвиток. Концентрація 30–50 мг/кг і вище є причиною фітотоксичності ґрунту (Колеснікова, 2014).

Відновлення ґрунтів після впливу нафтопродуктів відбувається довше, ніж під час інших антропогенних впливів. Навіть невисокі дози нафти та нафтопродуктів змінюють видовий та кількісний склад рослинності та ґрунтової фауни. Забруднений ґрунт є потенційним джерелом міграції вуглеводнів по екологічних ланцюгах (Смольникова, Ледовська 2011). На відміну від води, нафта, як правило, не

утворює великих розтікань на поверхні ґрунту. Однак небезпеку представляє загорання просочених нафтою і нафтопродуктів ґрунтів. Після просочування шарів ґрунту нафтопродукти потрапляють до ґрунтових вод, утворюючи таким чином плаваючі на воді лінзи. Нафтове забруднення створює нову екологічну обстановку, що призводить до глибокої зміни усіх ланок природних біоценозів або їх повної трансформації (Процько, 2010). Потрапляючи в навколишнє середовище навіть в незначних кількостях нафта викликає депресію рослинності та тваринного населення. При цьому порушується природне співвідношення поміж окремими групами мікроорганізмів, пригнічуються процеси азотфіксації та нітрифікації, порушується баланс ґрунтових ферментів, відбувається накопичення важко окислювальних продуктів, що знижує біопродуктивність ґрунтів, знижує рівень здоров'я населення (Смольникова та ін., 2011). Нафтове забруднення призводить до зменшення активності ферментів окисно-відновлювальної групи: каталази, дегідрогенази, поліфенолоксидази, а також до збільшення активності групи ферментів – пероксидаз. Нафтове забруднення ґрунту неоднозначно впливає на активність ферментів азотного обміну. Виявлено активуючу дію нафти на уреазу, інгібуючу – на протеазу. Фосфатазна активність дії нафти у мікрядді збільшується, у кореневій зоні – зменшується (Буньо та ін., 2013). Мікробіологічні дослідження показали, що пригнічуючий вплив вуглеводнів на мікробіоценоз бурих лісових ґрунтів проявився від дією концентрації 50 г/кг. Спостерігалось зменшення кількості актиноміцетів та ґрунтових грибів, процес самоочищення суттєво уповільнювався, що вказує на необхідність спеціальних заходів з рекультивативної (Кірієнко, Імранова, 2015).

Сучасна тенденція в екологічному контролі – проведення біомоніторингу методами біоіндикації та біотестування, які дають інтегральну оцінку якості середовища проживання будь-якої біологічної популяції, включаючи людину. Рослини – найзручніші та найдешевші об'єкти в плані проведення досліджень. Вони достатньо інформативні для біомоніторингу ґрунтів, оскільки слугують первинними ланками трофічних ланцюгів, виконують основну роль у поглинанні різноманітних забруднювачів, постійно зазнають їх впливу завдяки закріпленню на субстраті (Романюк та ін., 2016). Для діагностики ґрунтів доцільно застосовувати заходи геоботанічної індикації за непрямыми ознаками, наприклад, зміни покриття порівняно з фоновою ділянкою, випадіння окремих видів, розвитку фітопатологічних відхилень («морф»), змінами в лісовій підстилці та опаді (Герасимова, 2003). Діагностика та оцінка нафтозабрудненої системи «рослина-ґрунт» є важливими складовими в екологічному нормуванні, екотоксикології, при проведенні екологічного моніторингу й аудиту, розробленні комплексу технологічних і біологічних заходів щодо санації нафтозабруднених територій. Сучасні підходи, засновані на застосуванні рослинних тест-систем, відкривають можливості екологічної оцінки токсичності середовища у різних регіонах України, особливо, ґрунтів, забруднених нафтою та нафтопродуктами (Джура, 2011).

Одним з найважливіших напрямів біоіндикації є фітоіндикація, в якій як індикатори використовують ознаки та властивості рослин чи їх певну сукупність (популяції, види, фітоценози) (Дідух, 2012). Індикаторами структури, типу ґрунту, ступеня його забруднення також є комплекси мікроорганізмів. За останні десятиліття отримано переконливі докази щодо наявності зв'язків між різними типами ґрунтів і складом, кількісним співвідношенням певних груп ґрунтової фауни ті мікроорганізмів, зокрема угруповань водоростей у різних типах ґрунтів, а також характером забруднення ґрунтів (Дідух, 2012). Використання в екологічному контролі біоіндикації дозволяє отримати інтегральну характеристику стану компонентів природного середовища (атмосферне повітря, ґрунти, біота тощо). Рослини є інформативним індикатором рівня доступних для тварин і людини хімічних елементів (Баглаєва та ін., 2016).

Усі види рослин достатньо чітко підрозділяються на екологічні групи (типи) у відношенні до світла, тепла, родючості (сольового режиму), вологості ґрунтів, виступаючи одночасно фітоіндикаторами відповідних умов в природній обстановці (Матвєєв, 2011). Перспективно для екологічного моніторингу нафтозабруднених ґрунтів використовувати дослідження життєвих форм рослин, які характеризують, по-перше, ставлення виду до середовища у цілому, а по-друге, – до кожного окремого екологічного фактору. Така система екоморф була розроблена О. Л. Бельгардом (1950) для умов степової зони.

Вплив розливів нафтопродуктів від оливонаповненого обладнання об'єктів електричних мереж на ґрунти залишається недостатньо дослідженим. У вітчизняних літературних джерелах не було знайдено відповідної інформації. Зазвичай досліджується вплив електричних підстанцій на людей – електромагнітних полів, шуму (Сосніна, Маслєєва, 2011; Шевченко, 2009; Бойко, 2012). Були встановлені закономірності трансформації угруповань хортобіонтних павуків мезофітного луку під високовольтною лінією електричної передачі (Прокопенко, 2015). Закордонні джерела називають поміж постійних впливів електричних підстанцій на навколишнє середовище вплив на ґрунти, рідкісні види тварин та на рослинність (Public Service Commission of Wisconsin).

Метою нашої роботи є провести фітоіндикацію екологічних режимів, які формуються на територіях енергетичних підстанцій та встановити напрямок екологічних трансформацій, які викликані забрудненням ґрунту підстанцій технологічною олією.

## МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Електричні підстанції ПАТ «ДТЕК Дніпрообленерго» розташовано на території усєї Дніпропетровської області. Розгалуженість структури зумовлюють взаємодію з навколишнім середовищем. Особливий режим функціонування створює умови для вивчення процесу впливу техногенного середовища на біорізноманіття для пошуку балансу поміж економічним розвитком та збереженням довкілля.

Понад 60 % електричних підстанцій працює більше 25 років і потребує заміни та реконструкції. Це загальна картина в обленерго України, що обумовлено хронічним недофінансуванням галузі протягом останніх 20 років. Експлуатація оливонаповненого обладнання обумовлює ризик розливів нафтопродуктів. Тому важливо дослідити можливі антропогенні зміни ґрунтів в районі електричних підстанцій.

Дослідження проведені восени 2016 р. Геоботанічні описання проведені на 19 енергетичних підстанціях (рис. 1).

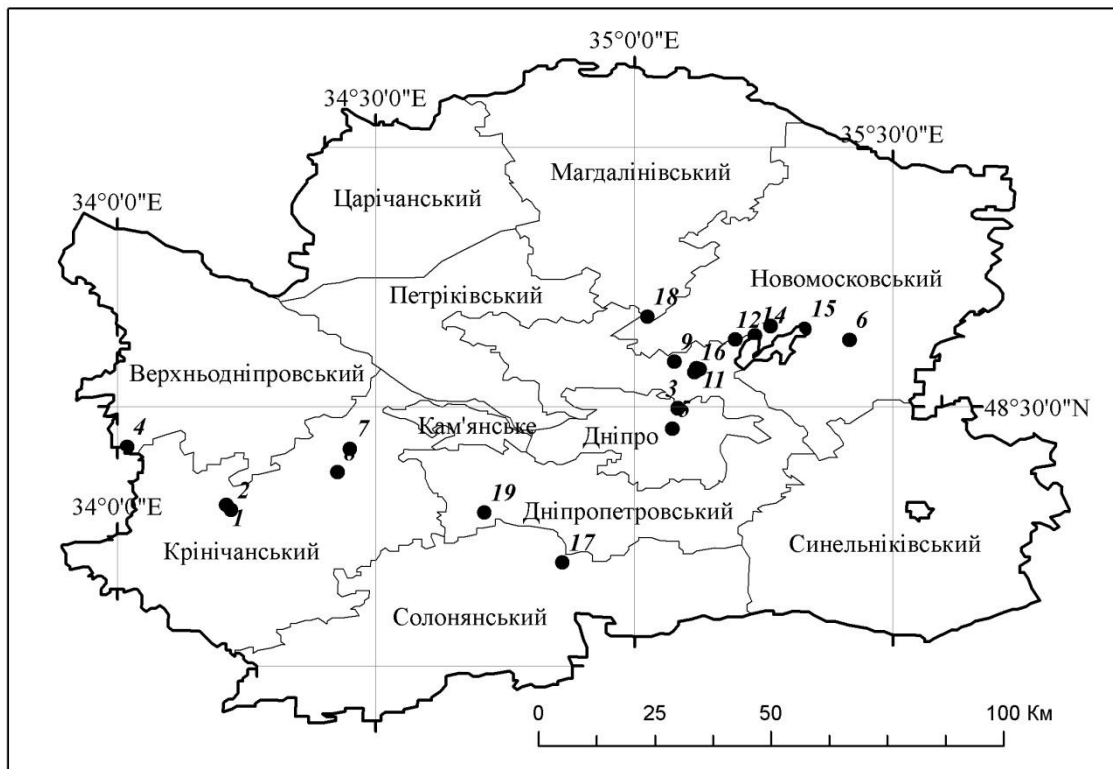


Рис. 1. Карта розміщення точок відбору проб

**Умовні позначки:** 1 – Криничанський РЕМ КТП-325; 2 – Криничанський РЕМ КТП-326; 3 – Підстанція «КА – 150 кВ»; 4 – Верхньодніпровський РЕМ КТП-04; 5 – Підстанція «Вузлова – 150 кВ»; 6 – Новомосковський РЕМ КТП-11; 7 – Криничанський РЕМ КТП-85; 8 – Криничанський РЕМ КТП-193; 9 – Дніпропетровський РЕМ КТП-101; 10 – Дніпропетровський РЕМ КТП-81; 11 – Дніпропетровський РЕМ КТП-91; 12 – Новомосковський РЕМ КТП-171; 13 – Новомосковський РЕМ КТП-101; 14 – Новомосковський РЕМ КТП -48; 15 – Новомосковський РЕМ КТП-209; 16 – Дніпропетровський РЕМ КТП-78; 17 – Солонянський РЕМ КТП-773; 18 – Новомосковський РЕМ КТП-773; 19 – Солонянський РЕМ КТП-353

У межах кожної підстанції окремо було зроблено геоботанічний опис контрольної ділянки, яка не зазнала негативного впливу розливу технологічної олії та ділянки з очевидними слідами розливу технологічної олії. Крім того, у межах підстанцій здійснені описання у додаткових ділянках. Загальна кількість геоботанічних описів становить 51, з яких 22 – для контрольних умов та 29 – для забруднених технологічною олією ділянок.

У роботі застосовані фітоіндикаційні шкали за Я. П. Дідухом (Didukh, 2011; Дідухом, 2012). Синфітоіндикаційне оцінювання екологічних факторів виконано за Г. Н. Бузуком, О. В. Созіновим (2009).

Статистичні розрахунки виконані за допомогою програми Statistica 7.0 та програмної оболонки Project R "R: A Language and Environment for Statistical Computing" (<http://www.R-project.org/http://www.R-project.org/>).

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Оцінки екологічних режимів на територіях електричних підстанцій за допомогою фітоіндикації наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. Фітоіндикаційна оцінка екологічних режимів на територіях електричних підстанцій

Екологічні фактори	У цілому	Контроль	Забруднення	F-відношення	p-рівень
	10,14±0,04	10,24±0,08	10,07±0,03		
Hd	9,42	9,42	9,72	4,70	0,04
	10,77	10,77	10,47		
	7,84±0,05	7,74±0,10	7,91±0,03		
ffl	6,59	6,59	7,66	3,37	0,07
	8,54	8,54	8,23		
	7,67±0,04	7,68±0,07	7,66±0,04		
Rc	6,83	6,83	7,02	0,08	0,78
	8,25	8,12	8,25		
	6,71±0,03	6,72±0,07	6,71±0,02		
Sl	6,18	6,18	6,45	0,04	0,85
	7,24	7,24	6,98		
	8,60±0,10	8,80±0,23	8,45±0,05		
Ca	7,03	7,03	7,93	2,85	0,10
	10,16	10,16	9,00		
	5,42±0,06	5,25±0,11	5,54±0,06		
Nt	3,74	3,74	5,14	5,60	0,02
	6,53	6,02	6,53		
	4,94±0,05	5,23±0,08	4,72±0,03		
Ae	4,45	4,45	4,48	42,98	0,00
	6,05	6,05	5,14		
	9,77±0,04	9,92±0,07	9,66±0,02		
Tm	9,24	9,24	9,36	15,71	0,00
	10,51	10,51	9,85		
	11,41±0,03	11,61±0,05	11,27±0,02		
Om	11,11	11,23	11,11	43,24	0,00
	12,10	12,10	11,60		
	9,91±0,05	9,77±0,11	10,02±0,03		
Kn	9,00	9,00	9,50	6,39	0,01
	11,20	11,20	10,43		
	8,72±0,03	8,75±0,07	8,69±0,03		
Cr	8,09	8,09	8,33	0,94	0,34
	9,35	9,35	9,03		
	9,03±0,01	8,99±0,02	9,06±0,01		
Lc	8,77	8,77	8,90	8,55	0,01
	9,23	9,15	9,23		

За показником гігроморф досліджені едафотопи можна віднести до таких, що сприятливі для рослин екологічної групи субмезофітів. Ці види поширені в сухуватих лісо лучних екотопах з помірним

промочуванням кореневмісного шару ґрунту опадами і талими водами (продуктивна волога ґрунту за період вегетації  $W_{пр} = 12-20$  мм) (Дідух, 2012). В умовах забруднення ґрунту технологічною олією відбувається статистично вірогідна тенденція до погіршення умов зволоження едафотопу ( $F = 4,70$ ;  $p = 0,04$ ). Для контрольних умов фітоіндикація вказує на 86,77 мм продуктивної волого. Унаслідок забруднення цей показник знижується до 84,47 мм.

Умови змінності зволоження формують режим, який сприятливий для екологічної групи рослин гемігідроконтрастофілів. Шкала змінності зволоження індикує коефіцієнт змінності зволоження  $\omega$ , який знаходиться у діапазоні 0 (мінімальний рівень змінності) до 0,5 (максимальний рівень змінності). Гемігідроконтрастофіли характерні для сухуватих лісолучних та лучно-степових екотопів з нерівномірним зволоженням кореневмісного шару ґрунту за помірного або незначного промочування його опадами та талими водами (Дідух, 2012). Для контрольних умов фітоіндикаційне оцінювання дозволяє встановити коефіцієнт змінності зволоження рівним 0,30, тоді як за умов забруднення ґрунту олією цей показник дещо збільшується до 0,31.

Умови кислотного режиму ґрунту сприятливі для субацидофілів. Субацидофіли зростають на слабокислих ґрунтах. Фітоіндикаційне оцінювання вказує рівень кислотності ґрунту  $pH = 6,62$  (діапазон мілливості – 6,32–6,82). Цей рівень є дещо не типовим для місцеперебувань, де найчастіше на плакорних позиціях зустрічаються ґрунти з нейтральною реакцією  $pH$ . Відмінності за показником кислотного режиму в умовах забруднення ґрунту технологічною олією не спостерігається.

Умови сольового режиму сприятливі для мезотрофів. Мезотрофи зростають на небагатих на солі ґрунтах у яких відсутні  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$  та наявні  $HCO_3^-$ . Вміст солей у ґрунті за фітоіндикаційними даними можна на рівні 165,4 мг/л. Забруднення не впливає на умови сольового режиму.

За вмістом карбонатних солей ґрунти електричних підстанцій можна віднести до таких, що сприятливі для акарбонатофілів. Акарбонатофіли зростають на нейтральних екотопах і витримують незначний вміст карбонатів в ґрунті (Дідух, 2012). Рівень вмісту  $CaO$  та  $MgO$  можна оцінити як 2,08 %. Під впливом забруднення ґрунту вміст карбонатів демонструє чітко позначену, але статистично не вірогідну, тенденцію по зменшенню ( $F = 2,85$ ;  $p = 0,10$ ).

За вмістом засвоєваних форм азоту ґрунти сприятливі для гемінітрофілів. Гемінітрофіли зростають на середньозабезпечених мінеральним азотом ґрунтах (Дідух, 2012).. Фітоіндикаційна оцінка вказує на вміст 0,19 % засвоєваних форм азоту в ґрунтах електричних підстанцій. Вміст азоту в контрольних умовах статистично нижчий (0,17 %), ніж за умов забруднення (0,19 %) ( $F = 5,60$ ;  $p = 0,02$ ).

Режим аерації є сприятливим для субаерофілів. Субаерофіли займають значно аеровані ґрунти та ростуть за незначного або помірного промочування кореневмісного шару ґрунту (Дідух, 2012).. Фітоіндикаційне оцінювання дозволяє встановити, що порозність аерації від загальної порозності в ґрунтах електричних підстанцій складає 77,1 %. В контрольних умовах ступінь аерованості статистично нижчий (72,9 %), ніж за умов забруднення (80,1 %) ( $F = 42,98$ ;  $p = 0,00$ ).

Термоклімат екотопів можна визначити як неморальний. Терморезим характеризує кількість тепла, яку отримує певна територія поверхні за певний період – радіаційний баланс. На дослідженій території цей показник складає 2045,3 мДж • м<sup>2</sup> • год<sup>-1</sup>. Контрольні умови статистично вірогідно відрізняються від умов забруднення ( $F = 15,71$ ;  $p = 0,00$ ). В контролі радіаційний баланс можна оцінити рівним 2076,7 мДж • м<sup>2</sup> • год<sup>-1</sup>, а за умов забруднення – 2022,2 мДж • м<sup>2</sup> • год<sup>-1</sup>.

Шкала обмрорежиму відбиває ступінь аридності-гумідності клімату, що визначається вологістю повітря і пов'язана з кількістю опадів, стоком, випаровуваністю, транспірацією, вологістю ґрунтів тощо (Константинов, 1968; Дідух, 2012). Обмрорежим можна оцінити як такий, який сприяє субаридофітам. Різниця між кількістю атмосферних опадів та випаровуваністю за результатами фітоіндикації становить – 299,1 мм. Під впливом забруднення показники обмрорежиму статистично вірогідно змінюються ( $F = 43,24$ ,  $p = 0,00$ ). В контрольних умовах показник обмрорежиму складає –259,9 мм, а за умов забруднення – –326,6 мм.

Шкала континентальності віддзеркалює варіювання таких кліматичних показників, як річна температура температур повітря, добова амплітуда температур, середньорічний дефіцит відносної вологості повітря. Режим континентальності може бути визначений як геміконтинентальний – 140,1 %. Слід відзначити, що рівень континентальності клімату в межах України варіює від 110 % (Карпатські гори) до 150 % (Східна Україна) (Diduh, 2011). Кліматичні умови за умов забруднення ґрунту технологічною олією стають більш контрастними (141,2 %), порівняно з контролем (131,0 %) ( $F = 6,39$ ;  $p = 0,01$ ).

Кріорежим відображає ступінь морозності клімату. Фітоіндикаційне оцінювання свідчить про те, що температура самого холодного місяця становить –4,8°C. Цей показник статистично вірогідно не відрізняється в умовах забруднення від контрольних умов.

Режим освітлення сприятливий для геліофітів – рослин відкритих місць, які знаходяться під відкритим сонячним випромінюванням. Фітоіндикаційні оцінки режиму освітлення збільшуються в умовах забруднення ґрунту технологічною олією.

Геоботанічні описання (точки відбору проб) за фітоіндикаційними характеристиками піддали кластерному аналізу. Для визначення оптимальної кількості кластерів застосували критерій Калінського-Харабаш (рис. 2). Встановлено, що чотири кластера представляють собою оптимальне рішення (рис. 2).

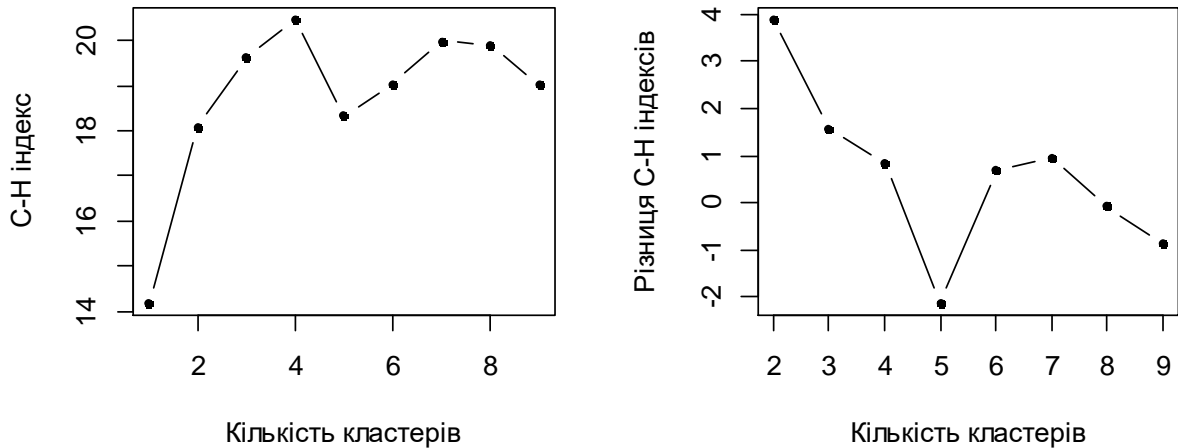


Рис. 2. Оцінка оптимальної кількості кластерів за критерієм Калінського-Харабаш

Для визначення характеру цих кластерів ми їх співставили з вихідними категоріями контроль-забруднення засобами аналізу відповідностей (рис. 3). Аналіз відповідностей свідчить про те, що кластер 3 повністю відповідає забрудненим варіантам, а кластери 1, 2 та 4 – контрольним. Таким чином, забрудненні варіанти представляють собою екологічно гомогенну групу, тоді як контрольні варіанти представляють собою екологічну гетерогенну сукупність рослинних угруповань.

Дискримінантний аналіз дозволив виявити природу екологічних особливостей контрольних та забруднених варіантів. Для диференціації чотирьох кластерів достатнім є три дискримінантних канонічних коренів (рис. 4). У просторі канонічних коренів 1 та 2 кластер 3 займає центральну позицію, найбільш наближену до початку координат. Слід відзначити, що канонічні корні володіють здатністю до диференціації досліджених категорій за кількісними ознаками. Таким чином, у просторі канонічних коренів 1 та 2 забрудненні рослинні угруповання є найбільш «типовими», тобто забруднення призводить до певної уніфікації угруповання. Контрольні варіанти під впливом забруднення втрачають свою специфічність та перетворюються на деякий усереднений варіант.

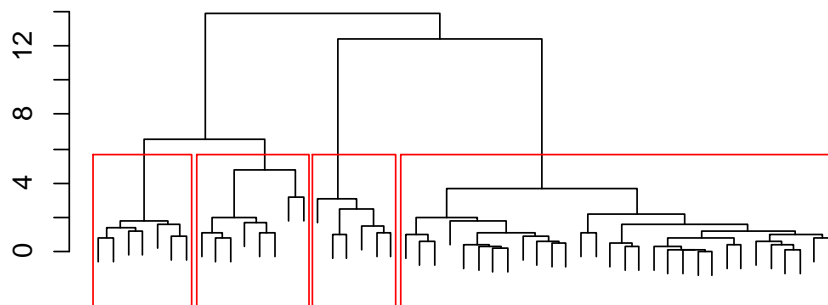


Рис. 3. Кластерний аналіз точок відбору проб за фітоіндикаційними шкалами



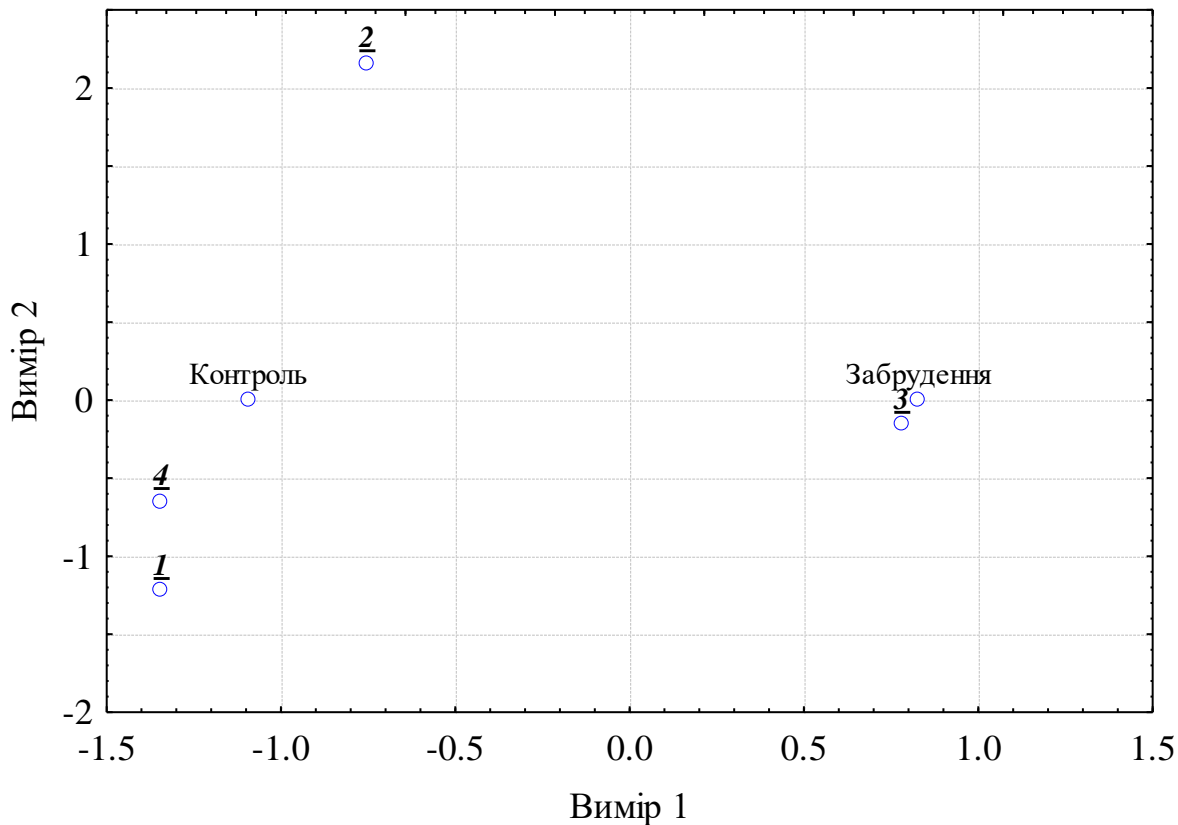


Рис. 4. Аналіз відповідностей встановлених кластерів 1–4 та контрольних і забруднених ділянок

Контрольні варіанти найбільш розрізняються між собою за фітоіндикаційними шкалами, які статистично вірогідно корелюють з канонічними коренями 1 та 2 (табл. 2). Корінь 1 є найбільш чутливим до варіабельності вмісту в ґрунті карбонатів, а корінь 2 – до термоклімату.

Таблиця 2. Кореляція між екологічними шкалами та канонічними коренями (наведені статистично вірогідні коефіцієнти для  $p < 0,05$ )

Екологічна шкала	Корінь 1	Корінь 2	Корінь 3
Hd	–	0,29	–
ffl	–0,23	–	0,41
Rc	0,09	0,32	0,21
Sl	–	–0,41	–0,37
Ca	–0,43	0,50	–
Nt	–	–	0,26
Ae	–	0,32	–0,49
Tm	–	0,70	–
Om	–	–	–0,59
Kn	–0,14	–0,30	0,28
Cr	–0,13	0,38	0,22
Lc	–	–0,26	0,19

Найбільшою здатністю до диференціації забруднення володіє канонічний корінь 3, так як угруповання в умовах забруднення характеризуються найбільшими канонічними значеннями за цим коренем (рис. 1, Б). Таким чином, найбільш суттєво забрудненні ділянки відрізняються підвищеним рівнем варіювання режиму вологості, більшою кислотністю ґрунту, вмістом доступних форм азоту, аерацією, меншою тропфісністю та деякими кліматичними особливостями.

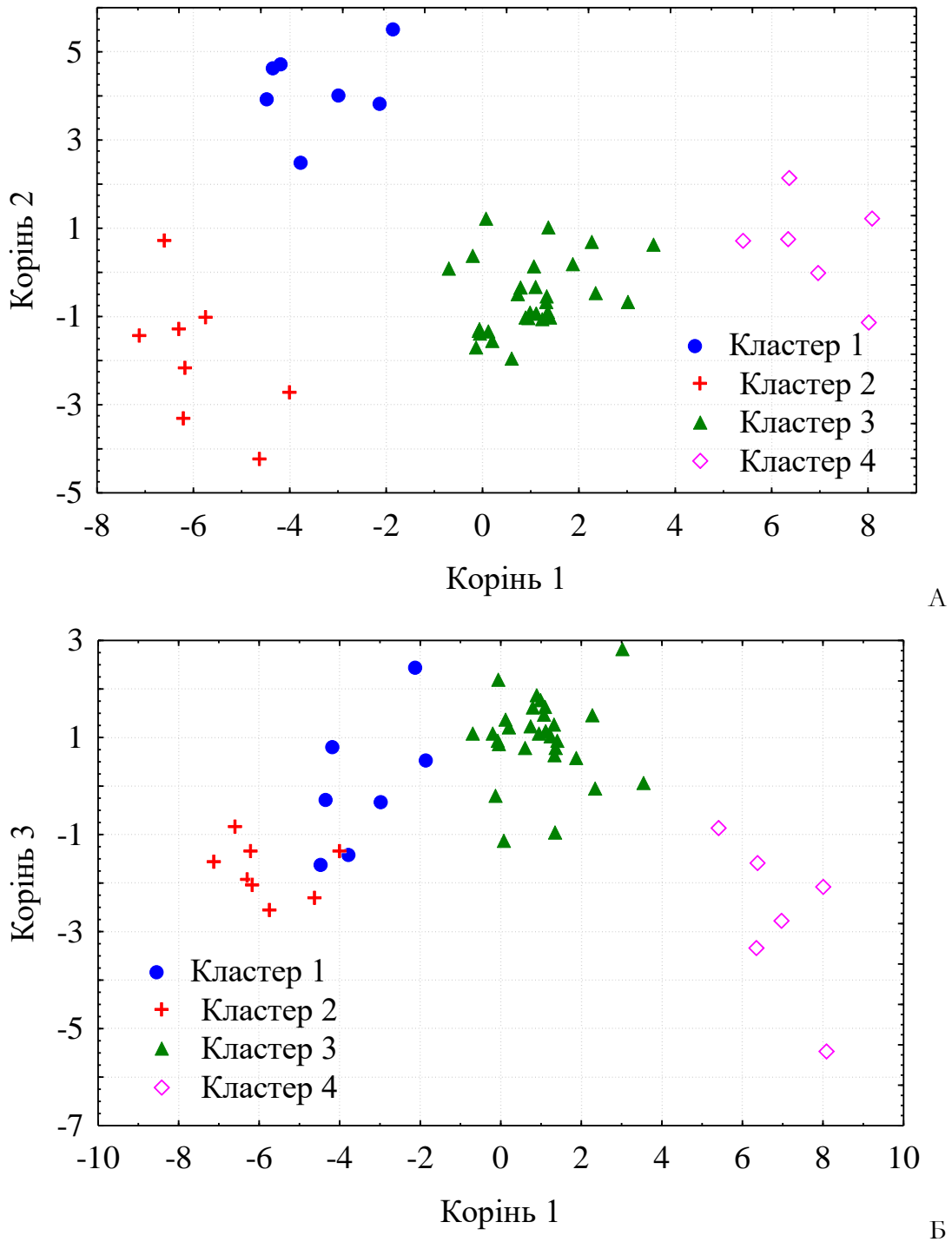


Рис. 5. Розміщення пробних площ у просторі дискримінантних коренів

Розподіл значень фітоіндикаційних шкал по кластерам також надає цікаву інформацію (рис. 5, 6). Показано, що за значеннями значної кількості фітоіндикаційних шкал рослинні угруповання в умовах забруднення займають проміжне положення і, таким чином, такі шкали не можуть виконувати диференціальну роль. Також важливою особливістю є те, що забрудненні ділянки характеризуються дуже низьким рівнем варіювання значень майже всіх фітоіндикаційних шкал.

Територія дослідження знаходиться у межах різнотравно-типчакково-ковилового степу. Загальна площа Дніпропетровської області складає 3036,7 тис. га у тому числі 2514,3 тис. га – землі сільськогосподарського призначення з них 2125,0 тис. га це – рілля, а 389,3 тис. га – це сінокоси, пасовища, вигони, перелоги, тощо. Таким чином, ступінь сільськогосподарського освоєння території області складає 82,8 %. Площа міст у межах області складає 126,88 тис. га, що складає 4,2 % від загальної площі. Слід відзначити, що степові зональні угруповання займають плакорні місцеперебування, серед яких практично не залишилось ділянок у нерозораному стані. Крім того, такі чинники, як тотальна антропогенна

трансформація території на глобальне потепління, призводять до змін екологічних умов на рівні едафотопу та клімату. Тому важливим завданням є ідентифікація цих трансформаційних процесів.

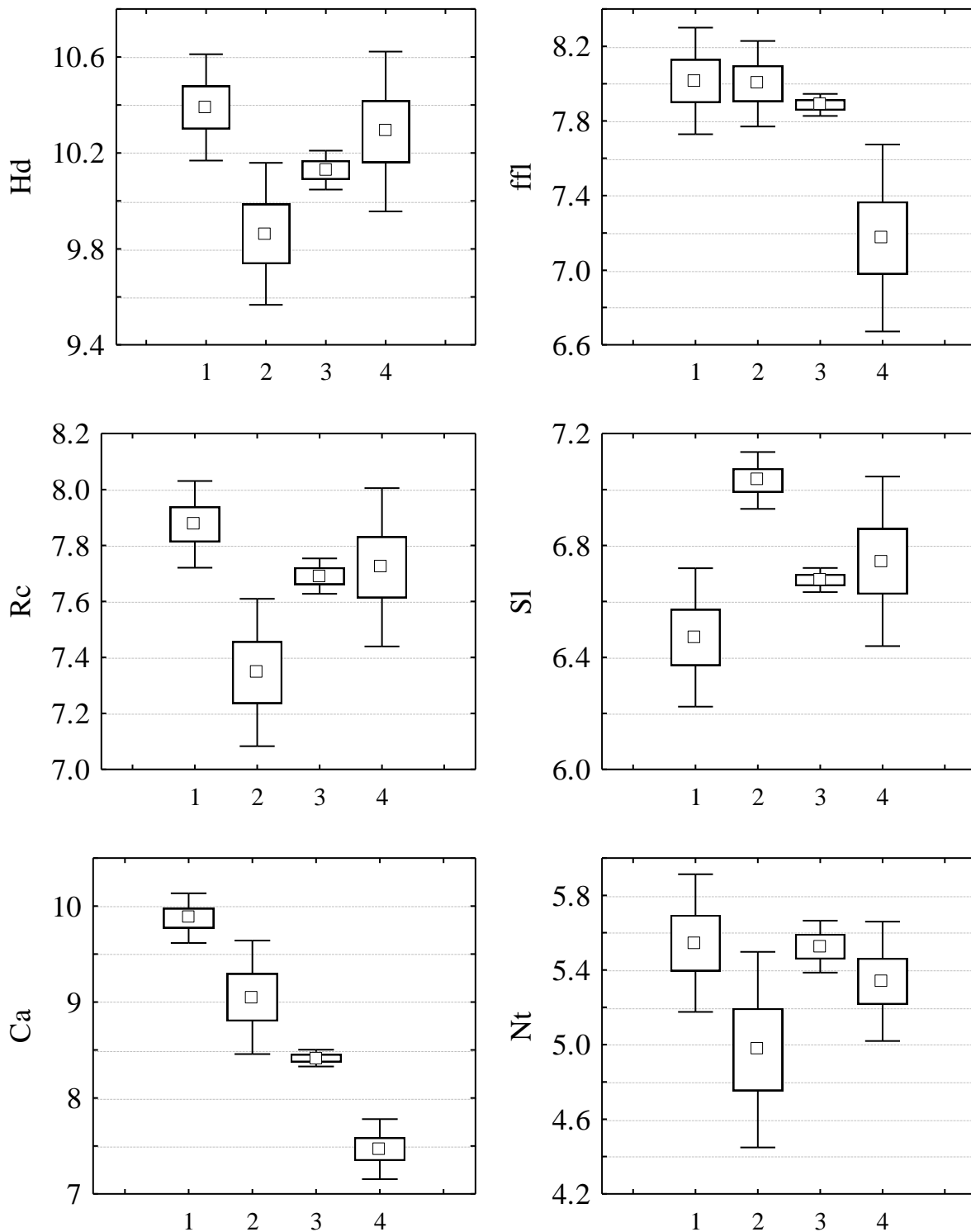


Рис. 6. Статистичні характеристики фітоіндикаційних шкал кластерів 1–3

**Умовні позначки:**  $\square$  – середнє;  $\square$  – середнє $\pm$ ст. помилка;  $\text{—|—}$  – середнє $\pm$ 0,95 % -й довірчий інтервал

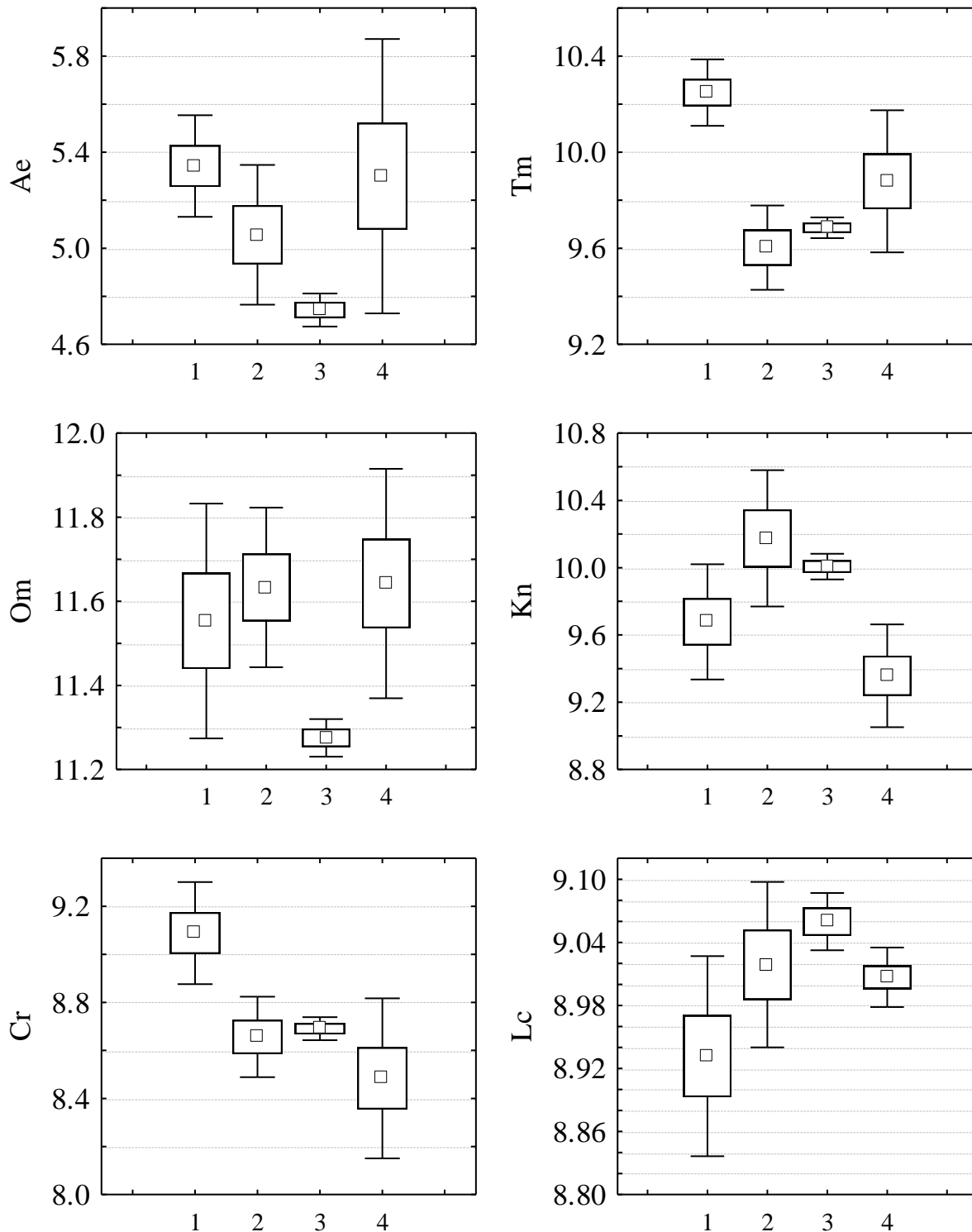


Рис. 7. Статистичні характеристики фітоіндикаційних шкал кластерів 1–3  
Умовні позначки: див. рис. 1

У локалітетах, які безпосередньо оточують електричні підстанції формуються мікростації, які знаходяться в умовах відносно меншого впливу від сільськогосподарської діяльності. Особливості цих місцеперебувань наступні: 1) «острівний характер»; 2) обмежена територія та з цим пов'язаний значний екотонний ефект; 3) мінімальний вплив сільського господарства; 4) помірний вплив косіння, що деякою мірою імітує функціональну активність фітофагів природних степів; 5) підвищене електромагнітне поле; 6) забруднення окремих ділянок технологічною олією у безпосередній близькості до підстанцій внаслідок епізодичних потраплянь у ґрунт.

Нами було обстежено ділянки у межах 19 електричних підстанцій, на яких встановлено 118 видів рослин. За рівнем зволоження едафотопу ( $Hd = 10,14 \pm 0,04$ ) дослідженні біотопи більшою мірою відповідають степовим угрупованням, які розташовані значно північніше – Михайлівська цілина (10,18) та Стрілецький степ (9,73) (Лисенко, 2009), ніж угруповання степів Понтійської провінції (7,47–8,87) (Лисенко та ін., 2010) та перелоги Донецької та Луганської областей (8,17) (Сулейман, 2016). За рівнем змінності зволоження ( $ffl = 7,84 \pm 0,05$ ) дослідженні місцезабудованні відповідають перелогам сходу України (7,58). За рівнем кислотності ґрунту електричні підстанції ( $Rc = 7,67 \pm 0,04$ ) поступаються перелогам (8,77) та Михайлівській цілині та Стрілецькому степу (8,23 та 8,30 відповідно), та Понтійським степам (7,90–9,08) (Лисенко, 2009; Лисенко та ін., 2010; Сулейман, 2016).

Порівняння за рівнем трюфності свідчить про те, що за цією екологічною властивістю стації поблизу електричних підстанцій ( $Sl = 6,71 \pm 0,03$ ) не поступаються перелогам сходу України (6,62) (Сулейман, 2016) та знаходяться у межах діапазону, характерному для Понтійських степів (6,60–7,04) (Лисенко, 2009; Лисенко та ін., 2010; Сулейман, 2016). За вмістом карбонатів у ґрунті електричні підстанції ( $Ca = 8,60 \pm 0,10$ ) переважають Михайлівську цілину (7,62) та Стрілецький степ (8,05), значно поступаються перелогам сходу України (9,46) (Сулейман, 2016), та відповідають Понтійським степам (8,44–9,18) (Лисенко та ін., 2010). За забезпеченням доступними формами азоту ( $Nt = 5,42 \pm 0,06$ ) ґрунти енергетичних підстанцій відповідають перелогам (5,46), поступаються Михайлівській цілині (6,25) та Стрілецький степ (5,40) та переважають Понтійські степи (4,68–5,16) (Лисенко, 2009; Лисенко та ін., 2010; Сулейман, 2016). За показником аерації едафотопу ( $Ae = 4,94 \pm 0,05$ ) у межах енергетичних підстанцій формуються рослини угруповання більш вимогливі до режиму забезпечення повітря, ніж рослинність перелогів (5,48) (Сулейман, 2016).

Термоклімат, за умов якого розвивається рослинність енергетичних підстанцій ( $Tm = 9,77 \pm 0,04$ ) переважає умови усіх інших порівнюваних екотопів (Лисенко, 2009; Лисенко та ін., 2010; Сулейман, 2016). Фітоіндикаційна оцінка омброклімату енергетичних підстанцій ( $Om = 11,41 \pm 0,03$ ) відповідає цьому екологічному режиму перелогів (11,59) та значно переважає цей показник Понтійських степів (6,18–7,47) (Лисенко та ін., 2010; Сулейман, 2016). За континентальністю клімату рослинність енергетичних підстанцій ( $Kp = 9,91 \pm 0,05$ ) у цілому відповідає Понтійським степам та перелогам сходу України (Лисенко та ін., 2010; Сулейман, 2016). Кріоклімат, який індексується рослинністю енергетичних підстанцій ( $Cr = 8,72 \pm 0,03$ ), відповідає кріоклімату перелогів (8,73) та дещо більш м'який, ніж кріоклімат Понтійських степів (7,58–8,17) (Лисенко та ін., 2010; Сулейман, 2016). Режим освітлення рослинності енергетичних підстанцій ( $Lc = 9,03 \pm 0,01$ ) переважає освітленість перелогів східної України (8,83) (Сулейман, 2016).

Таким чином, на фоні природних градієнтів, яким підкоряється екологічна обстановка у відповідній частині степової зони, де знаходяться енергетичні підстанції, їх рослинний покрив відзеркалює певні особливі риси. Передусім, це термоклімат, оцінки якого неможливо пояснити відповідними градієнтами. Ця особливість термоклімату супроводжується підвищеним світловим режимом, який відповідає розрідженому рослинному покриву піщаного степу на арені р. Дніпро (Жуков и др., 2016) та більш екстремальний режим аерації, який відповідає луговим угрупованням зі значно більшим рівнем зволоження (Жуков и др., 2016). Очевидно, ці особливості можна віднести на рахунок забруднення ґрунту технологічною олією: більш темне зафарблення поверхні ґрунту внаслідок потрапляння олії призводить до зменшення альбедо та посилення радіаційного балансу. Також олія призводить до злипання агрегатів у більш великі, що призводить до більшої аерації міжагрегатного простору. Також щільність рослинного покриву зменшується, він зріджується, а режим освітлення – збільшується.

Слід відзначити, що екологічні умови у межах досліджених пробних ділянок, не є однорідними. Кластерний аналіз дозволив виділити чотири гомогенних групи пробних ділянок, з яких три відповідають меншим рівням забруднення або незабрудненим мікросайтам у межах територій енергетичних підстанцій, а одна – сильно забрудненим мікросайтам. Таким чином, забруднення призводить до уніфікації екологічної структури угруповання. Ми спостерігаємо під впливом забруднення перехід у визначений кінцевий стан, який певною мірою не залежить від початкових станів. У інших роботах було показано, що під техногенним впливом відбувається уніфікація умов середовища (Зинченко и др., 2014), та, як наслідок, уніфікація флористичного складу рослинності за умов техногенного стресу (Говорова, 2004). У результаті нашого дослідження встановлена уніфікація екологічної структури рослинності під впливом забруднення ґрунту технологічною олією, що у свою чергу, є свідченням уніфікації екологічних режимів.

## ВИСНОВКИ

Синфітоіндикація є інформативним методом для встановлення екологічних режимів за умов антропогенної трансформації екотопів. Можливість використання інструментарію фітоіндикації, розробленого для природних екосистем, для екологічної оцінки антропогенно трансформованих територій обумовлена неспецифічним характером реагування угруповань живих організмів на забруднення

навколишнього середовища. Нами встановлено, що на фоні природних градієнтів, яким підкоряється екологічна обстановка у відповідній частині степової зони, де знаходяться дослідженні енергетичні підстанції, їх рослинний покрив віддзеркалює певні специфічні риси, притаманні саме цим антропогенним утворенням. Передусім, це термоклімат, оцінки якого неможливо пояснити відповідними градієнтами. Ця особливість термоклімату супроводжується підвищеним світловим режимом та підвищеним рівнем аерації антропогенних ґрунтів. Забруднення призводить до уніфікації екологічної структури рослинного угруповання. Під впливом забруднення відбувається перехід у визначений кінцевий стан, який певною мірою не залежить від початкового екологічного різноманіття угруповань. Уніфікація екологічної структури рослинності під впливом забруднення ґрунту технологічною олією є свідченням уніфікації екологічних режимів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Баглаева Е.М. Биоиндикация урбанизированных почв Шарташского лесопарка города Екатеринбурга с использованием *Raphanus Stavius*. / Е. М. Баглаева, А. Ю. Рахматова, А. А. Крамаренко, А. П. Сергеев // Принципы экологии. – 2016. - № 2. – С. 16-26.
- Бельгард А.А. Лесная растительность юго-востока УССР / А. А. Бельгард - Киев.: Изд-во КГУ, 1950. – 263 с.
- Бельгард А.А. Степное лесоведение / А. А. Бельгард - М.: Лесная промышленность, 1971. – 336 с.
- Бойко Т.Г. Екологічний вплив ліній електропередач на навколишнє середовище. // Матеріали конференції «Modern problems and ways of their solution in science, transport, production and education» - 2012.
- Бузук Г. Н. Регрессионный анализ в фитоиндикации (на примере экологических шкал Д.Н. Цыганова) / Г.Н. Бузук, О.В. Созинов // Ботаника (исследования): Сборник научных трудов. / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Минск: Право и экономика, 2009. – Вып. 37. – С. 356–362.
- Буньо Л.В. Ферментативна активність нафтозабрудненого ґрунту в кореневій зоні рослин *Carex Hirta* L. / Л. В. Буньо, О. М. Цвілінюк, О. Л. Карпін, О. І. Терек // Ґрунтознавство. – 2013. - № 14. – С. 44 – 51.
- Герасимова М.И. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. / М. И. Герасимова, М. М. Строганова, Н. В. Можарова, Т. В. Прокофьева – Смоленск, Ойкумена, 2003. – 286 с.
- Глухов А.З. Современная концепция развития промышленной ботаники. / А. З. Глухов, А. И. Хархота // Промышленная экология. – 2006, вып. 6. – С. 6-14.
- Глухов О.З. Индикация стану техногенного середовища за морфологічною мінливістю рослин / О. З. Глухов, С. І. Прохорова // Промышленная ботаника. – 2008, вып. 8. – С. 3–9.
- Говорова А.Ф. Структурно-функциональные изменения растительности в условиях техногенного загрязнения на Кольском полуострове: На примере комбината "Североникель" : дис. канд. геогр. наук : 25.00.36 / Говорова Анна Феликсовна – Москва, 2004. – 210 с.
- Голубець М.А. Екосистемологія / М. А. Голубець. – Львів: Поллі, 2000. – 315 с.
- Дідух Я.П. Основи біоіндикації / Я. П. Дідух. – К.: Наукова думка, 2012. – 344 с.
- Джура Н.М. Возможности використання рослинних тест-систем для біомоніторингу нафтозабруднених ґрунтів. / Н. М. Джура // Біологічні студії / *Studia Biologica* – 2011. – Т. 5, № 3. – С. 183 – 196.
- Ежелев З.С. Свойства и режимы рекультивированных после разливов нефти почв Усинского района Республики Коми: дис.. канд. биол. наук: 06.01.03 / Ежелев Захар Сергеевич. – Москва, 2015. – 142 с.
- Жуков А.В. Пространственно-временная динамика твердости рекультивированных почв, сформированных в результате добычи полезных ископаемых открытым способом / А.В. Жуков, Г. А. Задорожная // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія. – 2016. – 24(2). – С. 324–331.
- Зеркалов Д.В. Екологічна безпека та охорона довкілля. Монографія. / Д. В. Зеркалов – Київ, Основа, 2012. – 517 с.
- Зинченко Т. Д. Экосистемный подход к проблеме биоиндикации рек бассейна средней и нижней Волги (Обзор) / Т. Д. Зинченко, В. К. Шитиков, Л. В. Головатюк, В. И. Номоконова, В. И. Попченко, Э. В. Абросимова // Астраханский вестник экологического образования. – 2014. – № 1, (27). – С. 58–67.
- Калашникова Л.И. Современные методы биоремедиации почв в антропогенных зонах нефтезагрязнения. // Л. И. Калашникова, А. В. Теодорович // ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет» - 2013. – С. 9 – 14.
- Кириенко О.А. Влияние загрязнения почвы нефтепродуктами на состав микробного сообщества. / О. А. Кириенко, Е. Л. Имранова // Вестник ТОГУ - 2015. - № 3 (38). – С. 79 – 86.
- Колеснікова Л.А. Агроекологічне обґрунтування допустимого рівня нафтового забруднення ґрунтів (на прикладі Полтавської області). Автореферат дисертації. / Л. А. Колеснікова – Дніпропетровськ, 2014. – 21 с.

- Лисенко Г.М. Порівняльна синфітоіндикаційна оцінка екотопів лучних степів "Михайлівської цілини" та "Стрілецького степу" / Г. М. Лисенко // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. – Донецьк: ДонНУ, 2009. – № 1 (9). – С. 57–66.
- Лисенко Г.М. Порівняльна синфітоіндикаційна оцінка подільських лучних степів / Г. М. Лисенко, І. Данилик, А. Борсукевич // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. – 2010. – Вип. 53. – С. 9–18.
- Матвеев Н. М. Основы степного лесоведения профессора А. Л. Бельгарда и их современная интерпретация / Н. М. Матвеев – Самара: Самарский университет, 2011. – 126 с.
- Петряшин Л.Ф. Охрана природы в нефтяной и газовой промышленности: учебное пособие / Л. Ф. Петряшин, Г. Н. Лысяный, Б. Г. Тарасов - Львов: Вища шк. – 1984 – 186 с.
- Процько Я.І. Вплив нафти та нафтопродуктів на ґрунтовий покрив. / Я. І. Процько // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2010. - № 2 – С. 189 – 191.
- Романюк О.І. Методика екологічного оцінювання нафтозабруднених ґрунтів. / О. І. Романюк, А. З. Шевчик, І. В. Ощиповський, Т. В. Жак // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – Дніпропетровськ, 2016. - № 26 (2). – С. 264 – 269.
- Смольникова В.В. Особенности биоремедиации нефтезагрязненных почв. / В. В. Смольникова, Д. М. Дементьева, М. С. Дементьев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. - Т.13, № 1 (5). – С. 1219-1221.
- Смольникова В.В. Современное состояние технологий биоремедиации почв в условиях углеводородного загрязнения / В. В. Смольникова, Н. В. Ледовская // Северо-Кавказский федеральный университет – 2011: <http://www.sworld.com.ua/simpoz4/118.pdf/>
- Соснина Е.Н. Оценка шумового воздействия трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ на окружающую среду. / Е. Н. Соснина, О. В. Маслеева // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексева. - 2011. - № 4 (97). – С. 237 – 241.
- Сулейман Д. Н. Экологическая оценка флоры и растительности разновозрастных залежей Донецкой и Луганской областей Украины : дис. канд. биол. наук : 03.00.16 / Сулейман Дара Н. – Дніпро, 2016. – 194 с.
- Тарчевский В.В. О выделении новой отрасли ботанических знаний – промышленной ботаники / В.В. Тарчевский // Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале. VII. – Свердловск. – 1970. – С.5–9.
- Тогачинська О.В. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Курс лекцій./ О. В. Тогачинська О.В., О. В. Ничик, О. М. Салавор // – Київ, НУХТ, 2014. – 75 с.
- Шевченко С.Ю. Влияние электромагнитных полей энергетического оборудования на окружающую среду // С. Ю. Шевченко/ Електротехніка і електромеханіка. – 2009. - № 12. – С. 153 – 156.
- Шеляг-Сосонко Ю.Р. Предмет і структура созологічної фітосферології / Ю. Р. Шеляг-Сосонко, С.Ю. Попович // Екологія та ноосферологія. – 1997. – 3, № 1–2. – С. 56–64.
- Didukh, Ya.P. The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication / Ya.P. Didukh. – Kyiv: Phytosociocentre, 2011. – 176 p.
- Prokopenko E. V. A Case Study of the Herb-Dwelling Spider Assemblages (Aranei) in a Meadow Under the Power Transmission Lines in Ukrainian Carpathians / E. V. Prokopenko // Vestnik zoologii – 2015. № 49 (1). – P. 87 – 94.
- Public Service Commission of Wisconsin <http://psc.wi.gov/>

## REFERENCES

- Asplundh Environmental Services, 1979, Right-of-Way Ecological Effects Bibliography. Report No. EPRI EA-1080. Willow Grove, Pennsylvania.
- Baglaeva, E.M., Rahmatova, A.Yu., Kramarenko, A.A., Sergeev, A.P. (2016). Bioindication of urban soils of the Shartashsky forest park in Yekaterinburg using *Raphanus Stavus*. Ecology Principles, 2, 16-26.
- Belgard, A.L. (1950). Forest vegetation of south-eastern Ukraine. Kiev. Kiev State University (in Russian).
- Belgard, A.L. (1971). The Steppe Silvics. Moscow. Forest. Industry (in Russian).
- Boiko, T.H. (2012). The environmental impact of the lines on the environment. Materials of the conference «Modern problems and ways of their solution in science, transport, production and education» (in Russian).
- Bunio, L.V., Tsvilynjuk, O.M., Karpyn, O.L., Terek, O.I. (2013). Enzymatic activity of oil contaminated soil in the root zone of *Carex Hirta* L. plants. Pedology, 14, 44-51 (in Russian).
- Buzuk, G.N., Sozinov, O.V. (2009). Regression analysis in phytoindication (the case of ecological scales of D.N. Tsygankov). Botany (research). Collection of Scientific Papers, 37, 356–362 (in Russian).
- Diduh, Y.P. (2012). The principles of the bioindication. Kyiv. Naukova dumka (in Russian).
- Didukh, Ya.P. (2011). The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication. Kyiv, Phytosociocentre.

- Dzhura, N.M. (2011). Potentials of using plant test systems for biomonitoring oil polluted soils. *Studia Biologica*, 5 (3), 183-196 (in Russian).
- Ezhelev, Z.S. (2015). Properties and modes of remediated soil after the oil spill area of Usinsk, Komi Republic. Doctor's Dissertation. Moscow (in Russian).
- Gerasimova, M.I., Stroganova, M.M., Mozharova, N.V., Prokofeva T.V. (2003). Anthropogenic soils: genesis, geography, reclamation. Smolensk. Oykumena (in Russian).
- Goodland, R., ed. 1973, *Power Lines and the Environment*. Millbrook, New York: Cary Ecosystem Center.
- Govorova, A.F. (2004). Structural and functional changes of vegetation in conditions of technogenic pollution on the Kola Peninsula: the case of Plant "Severonikel". Doctor's Dissertation (in Russian).
- Hlukhov, O.Z., Kharkhota, A.Y. (2006). The modern concept of industrial development of botany. *Industrial Ecology*, 6, 34 – 48 (in Russian).
- Hlukhov, O.Z., Prohorova, S. I. (2008). Status indication for the industrial environment morphological variability of plants. *Industrial Botany*, 8, 3-9 (in Russian).
- Holubets M.A. (2000). *Ekosistemologic*. Lviv, Polli.
- Kalashnikova, L.I., Teodorovich, A.V. (2013). Modern methods of soil bioremediation in man-made oil zones. Kuban State Technological University, 9-14 (in Russian).
- Kalkani, E.C., Boussiakou, L.G. (1996). Environmental Concerns for High-Voltage Transmission Lines in UNIPED Countries. *Journal of Environmental Engineering*, 122(11), [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(1996\)122:11\(1042\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(1996)122:11(1042)).
- Kirienko, O.A., Imranova, E.L. (2015). Influence of soil contamination by petroleum products the composition of the microbial community. *Bulletin TOGU*, 3 (38), 79-86 (in Russian).
- Koliesnikova, L.A. (2014). Agroecological rationale the acceptable level of petroleum pollution soil (for example, Poltava region). Abstract of the thesis. Dnipropetrovsk (in Russian).
- Lysenko H.M., Danylyk I., Borsukevych L. (2010). Comparative evaluation synfitoindykatsiyna Podolsk meadow steppes. *Bulletin of Lviv University. Biology Series*, 53, 9-18 (in Russian).
- Lysenko, H.M. (2009). Comparative evaluation synfitoindykatsiyna ecotypes of meadow steppes "Michael's virgin" and "Archer desert." *Problems of Ecology and Environment anthropogenic region*. Donetsk, Donetsk National University, 1(9), 57-66 (in Russian).
- Marshall, R., Baxter, R. (2002). Strategic Routing and Environmental Impact Assessment for Overhead Electrical Transmission Lines. *Journal of Environmental Planning and Management*, 45(5), 47-764, <http://dx.doi.org/10.1080/0964056022000013101>
- Matveyev, N.M. (2011). Basics and modern interpretation of Professor Belgard steppe forestry. Samara: Samara University (in Russian).
- NIEHS EMF-RAPID Program Staff, Health Effects from Exposure to Power-Line Frequency Electric and Magnetic Fields, NIH Publication No. 99-4493, National Institute of Environmental Health Sciences, 1999. [http://www.niehs.nih.gov/emfrapid/html/EMF\\_DIR\\_RPT/Report\\_18f.htm](http://www.niehs.nih.gov/emfrapid/html/EMF_DIR_RPT/Report_18f.htm)
- Petriashyn, L.F. Lysyani, H.N., Tarasov, B.H. (1984). Environmental protection in the oil and gas industry. Lviv, Vyshcha shkola (in Russian).
- Prokopenko, E.V. (2015). A Case Study of the Herb-Dwelling Spider Assemblages (Aranei) in a Meadow Under the Power Transmission Lines in Ukrainian Carpathians. *Vestnik zoologii*, 49(1), 87–94.
- Protsko, Ia.I. (2010). The impact of oil and oil products on the ground cover. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 2, 189-191 (in Russian).
- Public Service Commission of Wisconsin <http://psc.wi.gov/>.
- Romaniuk, O.I., Shevchyk, L.Z., Oshchapovskyy, I.V., Zhak, T.V. (2016). Method of ecological assessment of oil-contaminated soils. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology. Ecology*, 26 (2), 264-269 (in Russian).
- Sheliah-Sosonko, Iu.R., Popovych, S.Iu. (1997). Subject structure zoological fitosferolohiyi. *Ecology and Noospherology*, 3 (1–2), 56–64 (in Russian).
- Shevchenko S.Yu. (2009). Influence of electromagnetic fields of power equipment on the environment. *Electronics and Electromechanics*, 12, 153-156 (in Russian).
- Smolnikova, V.V., Dementeva, D.M., Dementev, M.S. (2011). Features of oil-contaminated soil bioremediation. *News of the Samara scientific centre of Russian Academy of Sciences*, 13, 1(5), 1219-1221 (in Russian).
- Smolnikova, V.V., Ledovskaya, N.V. (2011). The current state of technology bioremediation soils in terms of hydrocarbon pollution. North-Caucasian Federal University (in Russian).
- Sosnina, E.N., Masleeva, O.V. (2011). Evaluation of noise exposure transformer substation 10 / 0,4 kV on the environment. *Proceedings of the Nizhny Novgorod State Technical University R.E. Alexeev*, 4, 237 – 241 (in Russian).
- Suleyman D.N. (2016). Environmental assessment of the flora and vegetation of different ages deposits Donetsk and Lugansk regions of Ukraine. Doctor's Dissertation. Dnipro (in Russian).



- Tarchevskiy V.V. (1970). On the selection of a new branch of botanical knowledge is industrial botany. Vegetation and industrial pollution. The Nature Conservancy in the Urals. Sverdlovsk, VII, 5-9 (in Russian).
- Tohachynska, O.V., Nychyk, O.V., Salavor, O.M. (2014). Regulation of anthropogenic load on the environment. A course of lectures. Kyiv, NUFT (in Russian).
- United States Department of the Interior, 1979, Environmental Criteria for Electric Transmission Systems. Document No. 001-0100074-3. Washington, D.C.: General Printing Office. Public Service Commission of Wisconsin, Environmental Impacts of Electric Transmission Lines, PSC Publication #6010B, July 1998, available online at <http://psc.wi.gov/consumer/brochure/document/electric/6010b.pdf>.
- Williams, J.H. (2003). International Best Practices for Assessing and Reducing the Environmental Impacts of High-Voltage Transmission Lines. Third Workshop on Power Grid Interconnection in Northeast Asia, Vladivostok, Russia.
- Zerkalov, D.V. (2012). Environmental safety and protection of the environment. Kyiv, Osnova (in Russian).
- Zhukov, A.V., Zadorozhnaya, G.A. (2016). Spatio-temporal dynamics of the penetration resistance of reactivated soils formed after open cast mining. Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology. Ecology, 24(2), 324-331 (in Russian).
- Zinchenko, T.D., Shitikov, V.K., Golovatyuk, L.V., Nomokonova, V.I., Popchenko, V.I., Abrosimova, E.V. (2014). An ecosystem approach to the problem of bioindication rivers in the middle and lower Volga (review). Astrakhan Bulletin of Environmental Education, 1 (27), 58-67 (in Russian).