



Original researches

Creation of Neuron Network Productivity of Lucerne in Steppe Zone of Ukraine

Received: 30 January 2019
Revised: 04 February 2019
Accepted: 05 February 2019

Dnipro State Agrarian and Economic University, Serhii Efremov Str., 25,
Dnipro, 49600, Ukraine

Kherson State Agricultural University,
Stretenska Str., 23,
Kherson, 73006, Ukraine

Tel.: +38-050-292-00-17
E-mail: zaporozhchenko.v.yu@gmail.com

Cite this article: Zaporozhchenko, V. Y., Shepel, A. V., & Tkachuk, A. V. (2019). Creation of neuron network productivity of lucerne in Steppe zone of Ukraine. *Agrology*, 2(1), 47-50.
doi: 10.32819/2617-6106.2018.14017

V. Y. Zaporozhchenko¹, A. V. Shepel², A. V. Tkachuk¹
¹Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine.
²Kherson State Agricultural University, Kherson, Ukraine

Abstract. In arid conditions of the Steppe zone of Ukraine for obtaining stable yields of lucerne and observance the conditions of resource-saving, it is important to know from what factors the value of the yield of lucerne depends on. According to the results of the conducted research, an agroecological model of the productivity of growing crop on irrigated lands of the Ukrainian Steppe has been formed. For the carrying out research, the method of artificial neuron networks was used. Creating an agroecological model of lucerne production using neuron networks consists of the following phases: search of data; preparation and normalization of data; choice of type of neuron network; experimental choice of network characteristics; experimental choice of parameters; obtaining an artificial neuron network for modeling the productivity of lucerne; checking of adequacy of the model; adjustment of parameters, final training. As a result of the research it was found that artificial neuron networks are fundamentally different from traditional methods of statistical data analysis. In the capacity of main elements of the system are taken: the sum of effective temperatures above +5 °C; amount of atmospheric precipitation; solar lighting duration; irrigation norms; depth of soil tillage; fertilization and plant protection. The article presents a constructed neuron network with architectural parameters. It has been established that among the significant number of natural and agrotechnical factors affecting the productivity of crops of lucerne, the greatest influence is carried out by atmospheric precipitation and, in our case, water-saving irrigation norms. Among the investigated factors there are a high degree of pair and multiple correlations. It is proved that the components of architecture contain different compositions of multilayered perceptrons, radial-basic functions, and also linear components.

Keywords: artificial neuron networks; water-saving irrigation regimes; agroecological model; productivity of lucerne.

Створення нейронних мереж продуктивності люцерни в степовій зоні України

В. Ю. Запорожченко¹, А. В. Шепель², А. В. Ткачук¹
¹Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна
²Херсонський державний аграрний університет, м. Херсон, Україна

Анотація. У посушливих умовах степової зони України для отримання стабільних урожаїв люцерни і дотримання умов ресурсозбереження важливо знати, від яких чинників залежить величина врожайності люцерни. За результатами проведених досліджень сформовано агроекологічну модель продуктивності вирощування культури на зрошуваних землях Степу України. Для проведення досліджень використано метод штучних нейронних мереж. Створення агроекологічної моделі продуктивності люцерни за допомогою нейронних мереж складається з певних етапів: пошук даних; підготовка і нормалізація даних; вибір типу нейронної мережі; експериментальний підбір характеристик мережі; експериментальний підбір параметрів; отримання штучної нейронної мережі для моделювання продуктивності люцерни; перевірка адекватності моделі; корегування параметрів, кінцеве навчання. У результаті проведених досліджень визначено, що штучні нейронні мережі принципово відрізняються від традиційних методів аналізу статистичних даних. До основних елементів системи прийняті: сума ефективних температур понад +5 °C; кількість атмосферних опадів; тривалість сонячного сйва; зрошувальні норми; глибина обробітку ґрунту; удобрення та захист рослин. Під час досліджень була побудована нейронна мережа з параметрами архітектури. Встановлено, що серед значної кількості природних та агротехнічних факторів впливу на продуктивність посівів люцерни найбільшу дію виявляють атмосферні опади та в нашому випадку водозберігаючі зрошувальні норми. Серед досліджуваних чинників спостерігається високий ступінь парних та множинних кореляційних зв'язків. Доведено, що компоненти архітектури вміщують різні композиції багатосарових перцептронів, радіально-базисних функцій, а також лінійних компонент.

Ключові слова: штучні нейронні мережі; водозберігаючі режими зрошення; агроекологічна модель; продуктивність люцерни.

Вступ

Сталий розвиток зрошення в Україні, як важлива складова продовольчого та ресурсного забезпечення держави, вимагає виваженого, раціонального та ефективного використання водних ресурсів і одночасно забезпечення екологічно збалансованого розвитку меліорованих територій (Romashchenko et al., 2014; Vorotyntseva, 2015; Vlasova et al., 2017).

Інтенсивні технології вирощування сільськогосподарських культур з використанням зрошення, високих доз мінеральних добрив і пестицидів мають негативний екологічний тиск на ґрунти і довкілля, що потребує включення в зрошувані сівозміни культур з позитивними еколого-меліоративними характеристиками, в першу чергу – люцерни (Petrychenko et al., 2018).

У результаті розвитку інтенсивного землеробства і його негативних наслідків вітчизняні та закордонні вчені й агро-виробники змушені розробляти нові моделі землеробства, у тому числі такі, що базуються на ресурсоощадливих заходах. Це стосується як мінімізації систем обробітку ґрунту, так і нормування витрат ресурсів сільськогосподарського призначення, зокрема розробки й упровадження водозберігаючих режимів зрошення (Vozhegova et al., 2015).

Стратегічним напрямом розвитку ресурсоощадливого зрошуваного землеробства, підтримання родючості ґрунтів, істотного поліпшення системи кормовиробництва в зоні Степу України вважають розміщення посівів бобових трав, зокрема люцерни, та їх сумішок зі злаковими до 55–60% від загальної площі посіву кормових культур. Значимість цих агрофітоценозів полягає не тільки в розв'язанні проблеми кормів для тваринництва, а й в збереженні родючості ґрунтів та охороні навколишнього середовища (Medvedev et al., 2011; Baljuk et al., 2017; Petrychenko et al., 2018).

Сьогодні у світовому землеробстві найпоширенішою кормовою культурою, яка здатна вирішити проблеми збільшення виробництва рослинного білка і підвищення родючості ґрунтів, визнана люцерна (Demuydas et al., 2013; Tkachuk, 2016). Здатність люцерни накопичувати з повітря азот у вигляді бульбочкових бактерій, які розміщуються на коренях і мають розмір від 3 до 5–7 мм, дозволяє за два роки збагатити ґрунт на 250–300 кг/га азоту, що дає можливість зменшити його дози внесення, наприклад, під озиму пшеницю, в 1,5–2,0 рази (Kvitko et al., 2013; Goloborod'ko et al., 2017). Посіви люцерни є кращим попередником і для кукурудзи, овочевих та багаторічних культур, оскільки вони сприяють покращенню фізичних і хімічних властивостей ґрунту і, як наслідок, суттєво підвищують урожайність культури. Кращими попередниками для люцерни вважаються культури, що певною мірою захищають поля від бур'янів: озими і просапні (кукурудза, цукровий буряк, картопля та ін.).

Можна погодитися з думкою низки вчених, що степова зона України розташована на території ризикованого землеробства, де поряд з можливістю отримати рекордні врожаї існує значний ризик їх втратити в результаті настання несприятливого кліматичного фактора (Mogozov et al., 2015; Romashchenko et al., 2015; Lavrinenko & Goz, 2016; Zhovtonog et al., 2018). Частково корегувати такий вплив можливо за допомогою зрошення, обробітку й удобрення ґрунту тощо. Чималий інтерес викликає визначення найбільш вагомого природного або агротехнічного чинника, що впливає на продуктивність посівів люцерни під час проведення водозберігаючих режимів зрошення. Встановлення значущого фактора на практиці є доволі затратним порівняно з теоретичним визначенням. З огляду на викладене, метою дослідження стало формування агроекологічної моделі продуктивності люцерни за рахунок створення штучної нейронної мережі в степовій зоні України.

Матеріал і методи досліджень

Для досягнення поставленої мети використали нелінійні математичні методи, зокрема штучні нейронні мережі. Нейронні мережі виникли з досліджень у галузі штучного інтелекту, тобто зі спроб моделювання структур різних типів.

Під час роботи мережі до вхідних елементів подаються значення вхідних змінних, після чого послідовно працюють нейрони проміжного та вихідного шарів. Кожен з них підраховує своє значення активації, віднімаючи від суми виходів попереднього шару своє порогове значення. Подальшим кроком настає відпрацювання функції активації представлених даних, у результаті чого отримуємо вихідний сигнал нейрона. Після виконання роботи всіма нейронами вихідне значення останнього шару нейронів приймається за вихідне значення всієї мережі. Залежно від складності, кількості шарів та інших характеристик штучної нейронної мережі для побудови моделі виділяють багатосаровий перцептрон, радіальну базисну функцію, імовірнісну, узагальнено регресійну, лінійну нейронну мережу і мережу Кохонена.

Зазначимо, що найважливішою характеристикою будь-якої штучної нейронної мережі, яка відрізняє її від інших методів аналізу даних, є її здатність до навчання. Навчання нейронної мережі – це підбір відповідних параметрів з метою адаптуватися до взаємодії зі зовнішнім середовищем. Створення агро-екологічної моделі продуктивності люцерни за допомогою нейронних мереж складається з таких етапів: пошук даних; підготовка і нормалізація даних; вибір типу нейронної мережі; експериментальний підбір характеристик мережі; експериментальний підбір параметрів; отримання штучної нейронної мережі для моделювання продуктивності люцерни; перевірка адекватності моделі; корегування параметрів, кінцеве навчання. Нескладно переконалися в тому, що штучні нейронні мережі принципово відрізняються від традиційних методів аналізу статистичних даних.

Добре відомо, що для нормального росту й розвитку рослин в оптимальному співвідношенні повинні бути такі фактори, як температура повітря, атмосферні опади, тривалість сонячного сяйва та ін.

Продуктивність будь-якої культури залежить від наведених факторів, проте для території досліджень домінуючою є наявність вологи в ґрунті. Тому в розробці агроекологічної моделі продуктивності посівів люцерни одним із її елементів були використані водозберігаючі зрошувальні норми, розраховані зі застосуванням агрогидрометеорологічного методу (Zaporozhchenko, 2008; Litovchenko, 2011; Zaporozhchenko, 2015). Розрахунок водозберігаючих зрошувальних норм проводили з урахуванням впливу кліматичних умов для характерного за природним зволоженням періоду (Tkachuk & Zaporozhchenko, 2016; Tkachuk & Zaporozhchenko, 2017).

Результати

Використовуючи отримані дані узагальнення експериментальних відомостей та метод побудови нейронних мереж, було сформовано агроекологічну модель продуктивності люцерни в умовах застосування водозберігаючих режимів зрошення залежно від низки подальших природних та агротехнічних факторів (рисунок).

Сформована модель впливу основних природних і агротехнічних факторів свідчить про найбільш позитивний вплив атмосферних опадів на рівень урожаю люцерни. Проте проявляється й пряма позитивна дія агротехнічних факторів (4–7 елементи моделі), які в оптимальному співвідношенні забезпечують формування максимального рівня врожаю. Цей факт підтверджують вихідні трикутники нейронної мережі чорного забарвлення. Підкреслимо, що всі елементи побудованої моделі мають високий ступінь парних та множинних кореляційних

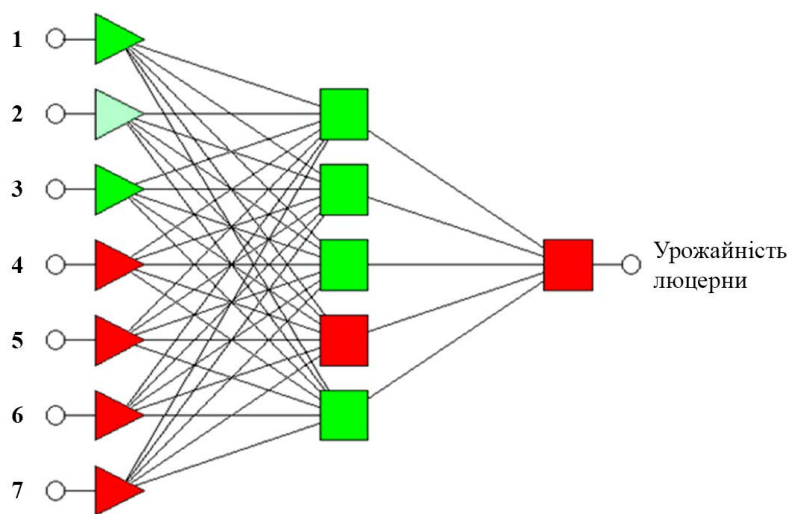


Рис. Нейронна мережа агроекологічної моделі продуктивності люцерни залежно від впливу агротехнічних і природних факторів:
 1 – сума ефективних температур понад 5 °С; 2 – кількість атмосферних опадів; 3 – тривалість сонячного саява;
 4 – зрошувальна норма; 5 – глибина обробітку ґрунту; 6 – удобрення; 7 – захист рослин

зв'язків, що свідчить про можливість формування високих і якісних урожаїв досліджуваної культури.

Аналіз побудованої нейронної мережі дозволив встановити відмінності параметрів архітектури нейронної мережі продуктивності люцерни. Доведено, що компоненти архітектури вміщують різні композиції багатосарових перцептронів (БП), радіальнобазисних функцій (РБФ), а також лінійних компонентів (таблиця).

За результатами досліджень визначено, що сформована нейронна мережа продуктивності люцерни проявляє максимальний рівень навчальної та контрольної продуктивності рослин на рівні 0,5312 та 0,5736, відповідно, забезпечує такий природний чинник, як кількість атмосферних опадів. На другому місці (0,5076 і 0,5453, відповідно) знаходиться зрошувальна норма, що пов'язано з компенсаційними властивостями цього показника за дефіциту атмосферних опадів. Важливе значення мають сума ефективних температур повітря понад 5 °С та норма висіву насіння люцерни. Величини навчальної, контрольної і тестової похибок сформованої нейронної мережі продуктивності люцерни зі застосуванням водозберігаючих режимів зро-

шення найвищого рівня досягнуто на 1–4 елементах мережі, що пояснюється, на нашу думку, диференційованою біологічною реакцією люцерни на досліджувані біотичні та абіотичні параметри.

Обговорення

Під час побудови агроекологічної моделі продуктивності люцерни найбільша проблема виникає при виборі методів аналізу статистичних даних. Причина цього полягає в тому, що часто дані не мають певної лінійної залежності або є неповними. У такому разі традиційні методи аналізу даних стають малоефективними, що примушує використовувати штучні нейронні мережі. Їх запровадження є абсолютно прийнятним, адже всі дані, зібрані системою моніторингу, можуть адекватно бути задіяні мережами. До завдань нейронних мереж належать класифікація та регресія. Отже, система моніторингу за допомогою штучних нейронних мереж зможе класифікувати нагальний стан і попередити про його настання в майбутньому за допомогою регресивних методів аналізу.

Таблиця. Складові елементи нейронної мережі продуктивності люцерни залежно від впливу природних та антропогенних факторів

№ фактора*	Архітектура	Продуктивність			Похибка		
		початкова	контрольна	тестова	навчальна	контрольна	тестова
1	Лінійна 7:7-1:1	0,3803	0,4171	0,3700	0,3720	0,1274	0,3062
2	РБФ 6:6-1-1:1	0,5312	0,5736	0,5460	0,2553	0,2411	0,3618
3	РБФ 6:6-1-1:1	0,2695	0,5046	0,4392	0,2267	0,1331	0,3057
4	БП 4:4-3-1:1	0,5076	0,5453	0,4694	0,2364	0,1094	0,1174
5	БП 5:5-6-1:1	0,1884	0,1835	0,0818	0,1078	0,0852	0,0831
6	БП 5:2-6-1:1	0,0973	0,1635	0,0615	0,1057	0,0930	0,0704
7	БП 4:4-7-1:1	0,1737	0,1745	0,0734	0,1114	0,0807	0,0587

*Примітка:** – зміст досліджуваних факторів на рисунку.

Застосування водозберігаючих режимів зрошення досліджуваної культури обумовлює істотну різницю впливу таких показників, як сума ефективних температур повітря понад 5 °C; кількість опадів; тривалість сонячного саява; зрошувальну норму; норму висіву насіння; глибину обробітку ґрунту; позакореневе підживлення; захист рослин. Найбільшою мірою проявляється вплив атмосферних опадів та зрошувальної норми, а це підтверджує результати багатьох вітчизняних і закордонних учених щодо першочергової ролі зрошення при вирощуванні люцерни в умовах Степу України.

Висновки

Агроекологічна модель продуктивності люцерни, сформована за методом нейронних мереж, дозволила встановити вплив природних і агротехнічних чинників. Розроблена нейронна мережа продуктивності люцерни проявляє максимальний рівень навчальної та контрольної продуктивності рослин, забезпечує такий природний чинник, як кількість атмосферних опадів.

Використовуючи запропоновану агроекологічну модель продуктивності посівів люцерни, господарства степової зони України зможуть помітно зменшити витрати поливної води, скоротити кількість вегетаційних поливів, що жодною мірою не вплине на врожайність та якість культури, тобто спостерігатиметься покращення економічних, енергетичних та еколого-меліоративних показників.

References

- Baljuk, S. A., Vorotynceva, L. I., Zaharova, M. A., Drozd, O. M., & Nosonenko, O. A. (2017). Ohorona ta vidtvorennya resursno-go potencialu g'runtiv v umovah zmin klimatu [Protection and reproduction of soil resource potential in conditions of climate change]. *Bulletin of Agrarian Science*, 12. 10–13 (in Ukrainian). doi: [10.31073/agrovisnyk201712-02](https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201712-02).
- Demydas, G. I., Kvitko, G. P., Tkachuk, O. P., Getman, N. J., Kovalenko, V. P., & Demcjurya, J. V. (2013). Bagatorichni bobovi travy jak osnova pryrodnoi' intensyfikacii' kormovyrobnyctva [Perennial bean grasses as the basis of natural intensification of feed production]. *Centr uchbovoi' literatury*, Kyiv (in Ukrainian).
- Goloborod'ko, S. P., Pogynajko, O. A., & Sergijenko, S. V. (2017). Formuvannja urozhaju nasinnja l'jucerny v umovah regional'noi' zminy klimatu pivdenomu Stepu Ukrai'ny [Formation of a crop of alfalfa seeds in conditions of regional climate change in the Southern Steppe of Ukraine]. *Irrigated Agriculture*, 68, 34–41 (in Ukrainian).
- Kvitko, G. P., Polishhuk, I. S., Mazur, V. A., Protopish, I. G., Kornijchuk, O. V., Getman, N. J., & Demydas, G. I. (2013). Bagatorichni travy jak faktor stabil'nogo rozvytku zemlerobstva Ukrai'ny [Perennial grasses as a factor in the sustainable development of agriculture in Ukraine]. *Agriculture*, 85, 63–71 (in Ukrainian).
- Lavrinenko, Y. O., & Goz, O. A. (2016). Rist i rozvy'tok rosly'n kukurudzj' FAO 180–430 za vply'vu reguljatoriv rostu i mikrodobry'v v umovax zroshennya na pivdni Ukrajiny [Growth and development of FAO corn plants 180–430 for the influence of growth regulators and microfertilizers under irrigation conditions in the south of Ukraine]. *Irrigated Agriculture*, 65, 128–131 (in Ukrainian).
- Litovchenko, A. F. (2011). Agrogidrometeorologicheskij metod rascheta vlazhnosti pochvy i vodosberegajushhijh rezhimov uvlazhnenija oroshaemyh kul'tur v Stepi i Lesostepi Ukrainy: monografija [Agrohydrometeorological method for calculating soil moisture and water-saving moisture regimes of irrigated crops in Steppe and Forest-Steppe of Ukraine: monograph]. Publishing house Svidler A.L., Dnepropetrovsk (in Russian).
- Medvedev, V. V., Laktionova, T. N., & Doncova, L. V. (2011). Vodnye svojstva pochv Ukrainy i vlagoobespechennost' sel'skohozjajstvennyh kul'tur [Water properties of the soils of Ukraine and moisture supply of agricultural crops]. *Apostrof*, Harkiv (in Ukrainian).
- Morozov, O. V., Bidnyna, I. O., & Kozyryev, V. V. (2015). Suchasny'j stan zroshennya v zoni Stepu Ukrajiny' (na pry'kladі Hersons'koyi oblasti) [The current state of irrigation in the steppe of Ukraine (on the example of the Kherson region)]. *Irrigated Agriculture*, 64, 135–138 (in Ukrainian).
- Petrychenko, V. F., Kornijchuk, O. V., & Veklenko, J. A. (2018). Stalij rozvytok lukopasovyshhnogo kormovyrobnyctva v umovah zmin klimatu [Sustainable development of livestock feed production in climate change]. *Bulletin of Agrarian Science*, 6, 25–32 (in Ukrainian). doi: [10.31073/agrovisnyk201806-04](https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201806-04).
- Romashchenko, M. I., Yatsyuk, M. V., Zhovtonog, O. I., Dekhtiar, O. O., Saydak, R., & Matiash T. (2014). Upravlinnya procesom vidnovlennya ta stalogo vy'kory'stannya zroshennya [Managing the process of recovery and sustainable use of irrigation]. *Land reclamation and water management*, 101, 137–147 (in Ukrainian).
- Romashchenko, M. I., Tarariko, Y. O., Shatkovsky, A. P., Saydak, R. V., & Soroka, Y. V. (2015). Naukovi zasady' rozvy'tku zemlerobstva u zoni Stepu Ukrajiny [Scientific principles of agricultural development in the steppe of Ukraine]. *Bulletin of Agrarian Science*, 10, 5–9 (in Ukrainian).
- Tkachuk, O. P. (2016). Rist i rozvytok bobovyh bagatorichnyh trav zalezno vid ekologichnyh umov vegetacii' [Growth and development of legumes of perennial herbs depending on the environmental conditions of vegetation]. *Internauka*, 12(22), 88–91 (in Ukrainian).
- Tkachuk, A. V., & Zaporozhchenko, V. Y. (2016). Ocinka reprezentyvnosti chasovy'x ryadiv dlya vy'znachennya xarakterny'x rokov za pry'rodny'm zvolozhennyam pid posivamy' l'jucerny' u pivnichnomu Stepu Ukrajiny [Estimation of the representativeness of time series for determining the characteristic years for natural moisture under alfalfa crops in the Northern Steppe of Ukraine]. *News of Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University*, 3, 44–49 (in Ukrainian).
- Tkachuk, A. V., & Zaporozhchenko, V. Y. (2017). Ocinka vply'vu klimaty'chny'x umov na produkty'vnist' l'jucerny' v Pivnichnomu Stepu Ukrajiny [An estimation of influence of climatic conditions on productivity of alfalfa in the Northern steppe of Ukraine]. *News of Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University*, 1, 70–73 (in Ukrainian).
- Vlasova, O. V., Shevchenko, A. M., & Bozhenko, R. P. (2017). Ocinnjuvannja zapasiv prisnoi' vody pivdnja Ukrai'ny [Estimation of fresh water resources in the south of Ukraine]. *Melioraciya i vodne gospodarstvo*, 105, 22–27 (in Ukrainian). doi: [10.31073/mivg201701-30](https://doi.org/10.31073/mivg201701-30).
- Vorotyntseva, L. I. (2015). Gruntovo-melioraty'vni aspekty' vidnovlennya zroshennya na pivdni Ukrajiny [Soil-reclamation aspects of irrigation restoration in the south of Ukraine]. *Agrochemistry and soil science*, 85, 12–19 (in Ukrainian).
- Vozhegova, R. A., Biljaeva, I. M., & Kokovihin, S. V. (2015). Agroekologichna standartizaciya ta normuvannja vitrat resursiv u zroshuvanomu zemlerobstvi: monografija [Agroecological standardization and rationing of the cost of resources in irrigated agriculture: monography]. *Grin' D. S., Herson* (in Ukrainian).
- Zaporozhchenko, V. Y. (2008). Utochnennya rezhy'mu zvolozhennya g'runtu pid posivamy' l'jucerny' v lisostepovij zoni Ukrai'ny [Clarification of the soil moisture regime under alfalfa crops in the forest-steppe zone of Ukraine]. *News of Dnipropetrovsk State Agrarian University*, 2, 53–56 (in Ukrainian).
- Zaporozhchenko, V. Y. (2015). The method of calculation of water-saving irrigation regime alfalfa in Forest Steppe of Ukraine. *Collections of the Scientific Labor SWorld*, 1(38), 24, 35–42.
- Zhovtonog, O. I., Filipenko, I., Demenko, T., Polishchuk, V., & Butenko, Y. (2018). Vrahuvannja zmin klimatu ta intensyvno-sti posuh pry planuvanni zroshennja v zoni Pivdenного Stepu Ukrai'ny [Taking into account climate change and drought intensity when planning irrigation in the Southern Steppe zone of Ukraine]. *Land reclamation and water management*, 107, 137–147 (in Ukrainian). doi: [10.31073/mivg201801-114](https://doi.org/10.31073/mivg201801-114).