

Денис Сергійович Бреус,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри екології та сталого розвитку імені професора Ю.В. Пилипенка

Херсонський державний аграрно-економічний університет, Україна

orcid.org/0000-0001-7238-518X, Scopus-Author ID: 57205163781

РЕТРОСПЕКТИВНИЙ АНАЛІЗ ЗМІН РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ В ЗОНІ СТЕПУ УКРАЇНИ

Анотація. Традиційне сільське господарство можна охарактеризувати як таке, що має високі показники економічної ефективності, проте його впровадження тягне за собою екологічні наслідки що в результаті призводять до забруднення навколишнього природного середовища та зниження продуктивності ґрунтів. Продуктивність ґрунту можна визначити за його здатністю задовольнити потреби рослин в волозі, елементах живлення, повітрі, а також забезпечити умови для їх нормального функціонування з метою отримання стабільних та високих врожаїв, тобто за його родючістю. Рациональне використання ґрунтів у сільському господарстві, розробка, планування та ефективне використання комплексу заходів з управління та регулювання ґрунтовою родючістю необхідно починати з визначення їх фактичного агроекологічного стану, який потрібно розглядати як сукупність фізико-хімічних, агрофізичних, біологічних та агрохімічних властивостей, а також забруднення ґрунту радіонуклідами, важкими металами, пестицидами та іншими токсичними речовинами. Для того, щоб визначити продуктивність ґрунтів, їх просторово-часову неоднорідність та їх цінність необхідно використовувати показники агрохімічно-екологічної оцінки ґрунтів. Бали за бонітування ґрунтів розраховуються у відповідності до методики агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення, що була винайдена українськими вченими С.А. Балюком та І.П. Яцуком.

Для оцінки стану ґрунтів зони Степу України та визначення змін у їх агроекологічних властивостях на ряду із їх родючістю був проведений аналіз результатів XI туру суцільної агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення зони Степу України, що проводилась Херсонським філіалом Державної установи «Інститут охорони ґрунтів», з використанням інформації з 296 стаціонарів відборів проб ґрунтів. Було зроблено ретроспективне вивчення ґрунтів за їх основними агрохімічними показниками із застосуванням сучасних геоінформаційних технологій. Викладено просторово-часові зміни вмісту основних показників ґрунтової родючості використовуючи результати десяти турів обстежень ґрунтів: з II (1970–1974 рр.) до XI туру (2017–2021 рр.). Використовуючи вбудовані функції програмного забезпечення ArcGIS 10.1 було розроблено моделі просторово-часової зміни агроекологічного стану ґрунтів зони Степу України за основними агрохімічними показниками.

Ключові слова: ГІС-технології, родючість ґрунтів, агрохімічна паспортизація, ретроспективні дослідження, просторово-часове моделювання.

ВСТУП

Зростання потреб у забезпеченні продуктами харчування призводить до необхідності збільшення обсягів виробництва сільськогосподарської продукції на базі традиційного землеробства, що спонукає до використання додаткових природних та енергетичних ресурсів. Крім того, традиційне сільське господарство базується на використанні мінеральних макро- та мікродобрив, пестицидів, гербіцидів, що є основною причиною погіршення екологічного стану ґрунтів та навколишнього середовища.

Тому виникає необхідність у комплексному дослідженні просторово-часових змін вмісту основних показників родючості степових ґрунтів як основи подальшого обґрунтування раціонального використання земельних ресурсів з метою зменшення антропогенного навантаження на довкілля у зоні Степу України [1].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

За період з 2017 по 2021 рік Херсонським філіалом Державної установи «Інститут охорони ґрунтів» проведено XI тур агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення зони Степу України. Отримані результати свідчать про негативні зміни агроекологічних властивостей ґрунтів на значній площі сільськогосподарських угідь зони Степу України [2].

Оцінювання проводилось за 100-бальною системою. За агрохімічними властивостями стандартний ґрунт прийнято за 100 балів. Результати XI туру агрохімічної паспортизації земель за даними 296 стаціонарних об'єктів свідчать, що найвищою оцінкою (понад 40 балів) характеризуються ґрунти Чаплинського району. Нижча оцінка (менше 30 балів) характеризує ґрунти Горностаївського району. Середня оцінка ґрунтів зони Степу України за даними XI туру агрохімічної паспортизації становить 34 бали. Найбільшу площу в області займають ґрунти низької якості (менше 30 балів) – 54,5 %, середнього (31–40 балів) – 22,5 % від загальної площі області (рисунок 1). До переліку факторів, які враховуються при нарахуванні балів, відносяться стан клімату та зрошення, до негативних властивостей – засолення, забруднення важкими металами, радіонуклідами та пестицидами тощо [3, 4].

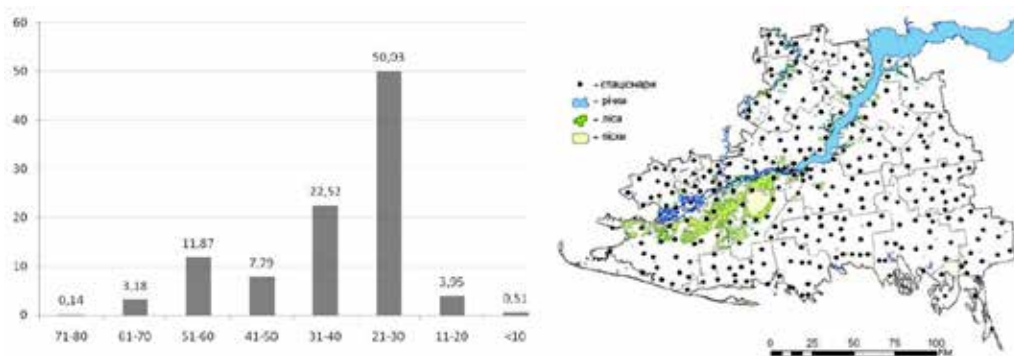


Рис. 1. Розподіл сільськогосподарських угідь зони Степу України за агрохімічною оцінкою та розміщення стаціонарних об'єктів

РЕЗУЛЬТАТИ

Гумус є основним показником ступеня родючості ґрунту та показником ефективності агротехнологічного блоку системи землеробства. Ґрунти зони Степу України характеризуються малогумусним вмістом у межах 0,30–3,85 %. Просторово-часова неоднорідність зменшення вмісту гумусу відбувається внаслідок деградаційних процесів ґрунтового покриву внаслідок застосування нераціональних підходів до інтенсифікації землеробства, що призводить до погіршення ґрунтоутворювальних

процесів через ненадходження залишків рослин та органічних добрив у орний горизонт ґрунту, зменшення частки багаторічних трав і польових сівозмін, тривале застосування мінеральних добрив тощо. Зрошувані землі області містять гумус у різних типах ґрунтів (шар 0...20 см) у середньому на 0,1–0,5 % менше, ніж незрошувані землі, що зумовлено інтенсивністю та технологічними особливостями зрошуваних меліорацій. У період другого туру агрохімічної паспортизації земель розпочався інтенсивний період розвитку зрошення, що призвело до значного зниження вмісту гумусу (рисунок 2) за період 1970–2021 рр. – в середньому на 16,0 % (з 2,56 % до 2,15 %).

Період з 1985 по 2017 рр. характеризувався стабільним гідромеліоративним навантаженням з незначною динамікою ($V = 3,7 \%$) та негативною спрямованістю зміни (тренда) вмісту гумусу в часі (t):

$$T = -0,0061 \cdot t + 2,2914; R^2 = 0,022 \quad (1)$$

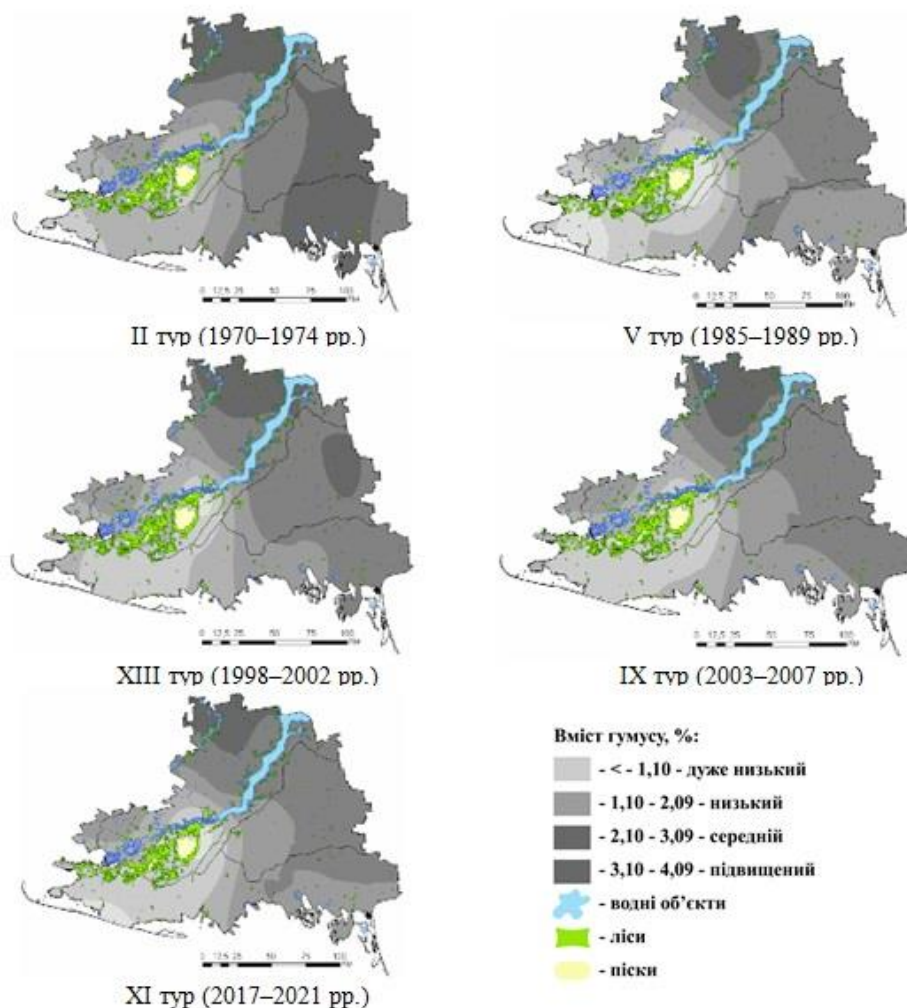


Рис. 2. Просторово-часові зміни вмісту гумусу в ґрунтах зони Степу України

Азот відіграє провідну роль у підвищенні врожайності сільськогосподарських культур і є важливим біологічним елементом. Входить до складу білків, які є основним компонентом цитоплазми і ядра клітини, амінокислот, нуклеїнових кислот, хлорофілу, алкалоїдів, фосфатидів, багатьох вітамінів, гормонів та інших біологічно активних речовин. Азот особливо важливий у першій половині вегетації. Найбільше значення для відновлення доступного для рослин азоту мають процеси амоніфікації, під час яких азот органічної речовини перетворюється в аміак, і нітрифікації, під час якої аміак переходить в азот, а потім в азотну кислоту та її солі [5].

У результаті досліджень встановлено, що закономірності зміни вмісту азоту (рисунок 3) в орному шарі (0...20 см) ґрунтів на території сільськогосподарських угідь зони степу України мають негативну тенденцію формування:

$$NO_3 = -0,053 \cdot t^2 + 0,966 \cdot t + 16,74; R^2 = 0,24 \quad (2)$$

Вміст азоту в ґрунтах досліджуваного регіону за весь період досліджень знизився в середньому на 26,9 % (з 23,0 мг/кг до 19,0 мг/кг).

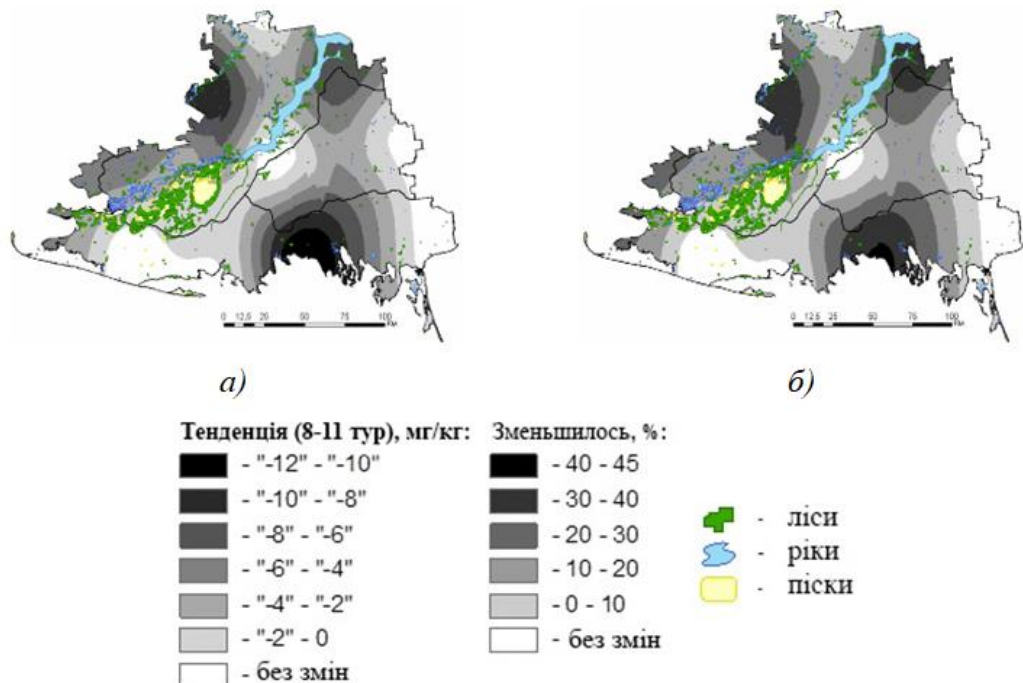


Рис. 3. Просторово-часові зміни вмісту азоту в ґрунтах зони Степу України: а – просторова тенденція, б – відносне зменшення, %

Фосфор є одним із важливих елементів живлення рослин. Після гумусу та азоту фосфор часто є найбільш дефіцитним елементом при вирощуванні сільськогосподарських культур [5].

За результатами досліджень встановлено просторово-часову закономірність зменшення вмісту фосфору (рисунок 4) у ґрунтах (шар 0...20 см) області.

$$T = -10,59 \cdot \ln(t) + 62,31; R^2 = 0,98 \quad (3)$$

Його вміст за 51 рік знизився в середньому на 34,8 % (з 62,0 мг/кг до 40,4 мг/кг).

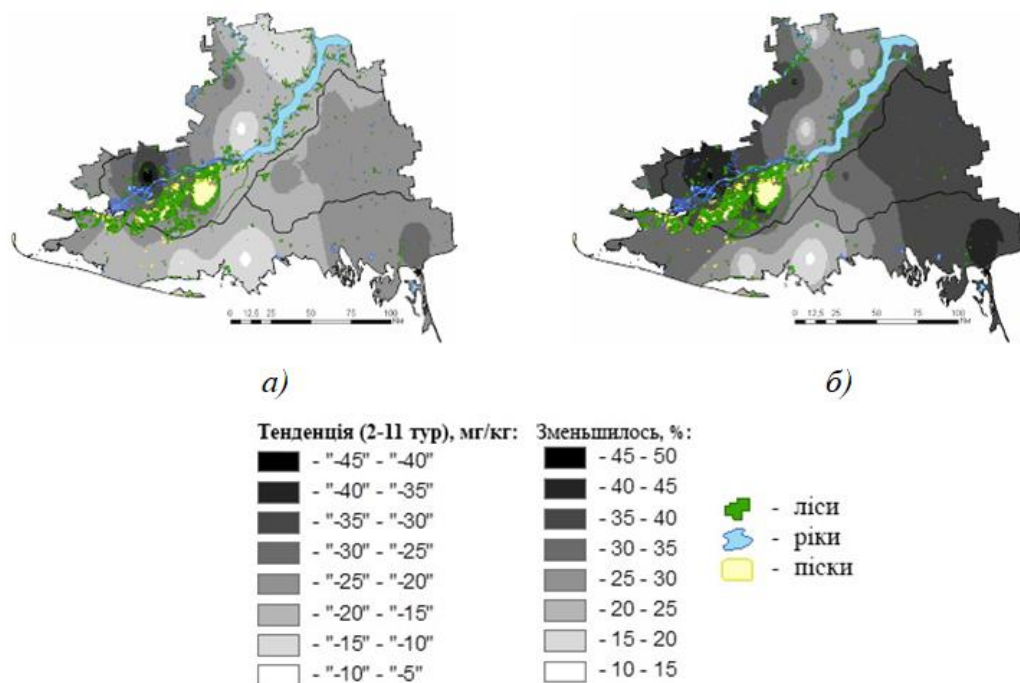


Рис. 4. Просторово-часові зміни вмісту фосфору в ґрунтах зони Степу України: а – просторова тенденція, б – відносне зменшення, %

Калій опосередковано впливає на азотний обмін, впливає на накопичення амінокислот та енергетичні процеси, регулює дихання рослин. Зміна вмісту калію (рисунок 5) у ґрунтах (шар 0...20 см) регіону визначається його негативною тенденцією формування:

$$T = -36,87 \cdot \ln(t) + 437,75; R^2 = 0,97 \quad (4)$$

Просторова неоднорідність зниження вмісту калію від 50 мг/кг до 210 мг/кг (від 10 % до 50 %) у ґрунтах залежить від відсутності регулярного, необхідного обсягу мінеральних добрив, від водної ерозії, в тому числі зрошення, і дефляція ґрунтів.

За період спостереження його вміст знизився в середньому на 25,5 % (з 442,8 мг/кг до 359,8 мг/кг).

Найважливішим чинником, що визначає рухливість мікроелементів у рослинах, вважають реакцію ґрунтового розчину. Український вчений В.А. Ковда в своїх роботах навів закономірності закріплення міді, цинку та кобальту в ґрунтах залежно від *pH* ґрунтового розчину (таблиця 1). Поєднання трьох мікроелементів відбувається при зміні *pH* в межах: для *Cu* максимальне закріплення відзначається в інтервалі *pH* 4,7–5,9; *Zn* – при *pH* 5,9–7,2; *Co* – при *pH* 7,2–8,0.

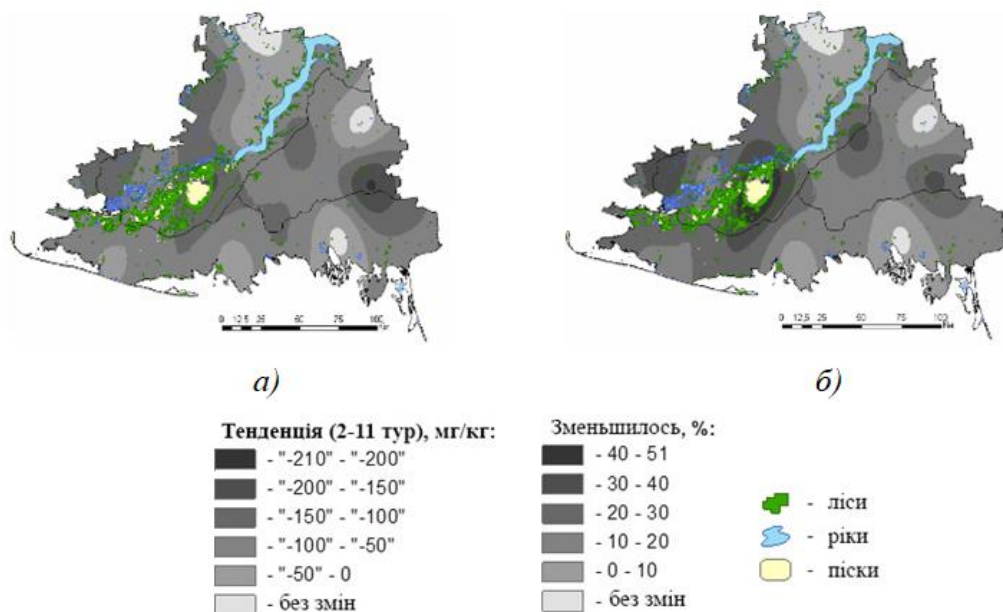


Рис. 5. Просторово-часові зміни вмісту калію в ґрунтах зони Степу України: а – просторова тенденція, б – відносне зменшення, %

Таблиця 1. Витрата мікроелементів як функція аніонів та рН від вихідної кількості

Катионы	Анионы	рН							
		4,7	5,2	5,5	5,9	6,4	7,2	7,5	8,0
Cu	NO ₃	9	44	76	89	–	–	–	–
	Cl	17	55	75	90	–	–	–	–
Zn	NO ₃	–	–	–	11	19	61	–	–
	Cl	–	–	–	13	22	68	–	–
Co	NO ₃	–	–	–	–	–	39	51	78
	Cl	–	–	–	–	–	39	54	78

Залежно від впливу кислотності ґрунтового розчину на рухливість мікроелементів на території зони Степу України виділяють дві групи ґрунтів. Перша – ґрунти з рН 6,5–7,2, у цьому випадку знижується забезпеченість мікроелементами, рухливість яких суттєво залежить від рН (залізо, мідь, марганець, цинк), що призводить до загрози обмеження цих мінералів у рослинах. Другий – ґрунти з рН більше 7,2 – у цих умовах різко знижується рухливість більшості катіонних форм мікроелементів. Внаслідок цього існує високий ризик повної відсутності мікроелементів у мінеральному живленні рослин [6].

У порівнянні з богарними землями на зрошуваних відбуваються істотні зміни іонно-сольового складу ґрунтового розчину, підсилюються процеси міграції, збільшується інтенсивність біологічного виносу елементів з ґрунту за рахунок збільшення фітомаси та урожайності сільськогосподарських культур.

На відміну від хімічних елементів, що складають основу живої речовини (так звані макроелементи – вуглець, кисень, водень, азот, сірка, кальцій, фосфор, натрій), елементи, вміст яких в організмах становить від 1–3 % до 10–12 %, це мікроелементи. До них відносяться кадмій, марганець, мідь, цинк, кобальт, нікель, йод, фтор, молібден [7].

Тенденція зміни мікроелементів у ґрунтах зони Степу України визначена за даними просторово-розподілених стаціонарних об’єктів ІХ-ХІ циклу. За результатами просторово-часового моделювання у період 2003–2021 рр. (рисунк 6) спостерігалася тенденція до збільшення вмісту рухомих мікроелементів та важких металів, насамперед на незрошуваних землях.

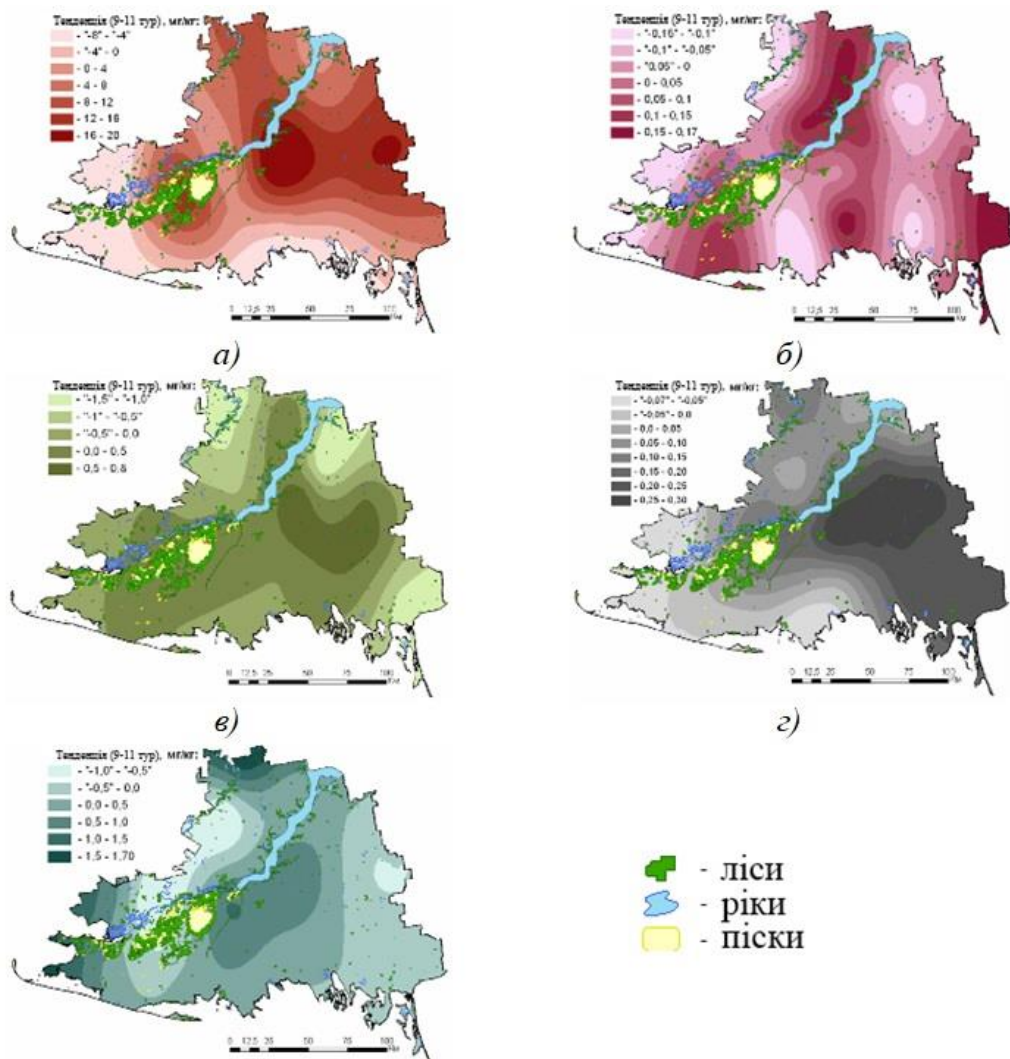


Рис. 6. Зміна вмісту рухомих форм мікроелементів і важких металів (мг/кг) в ґрунтах зони Степу України: *а* – марганець, *б* – мідь, *в* – цинк, *г* – кадмій, *д* – свинець

За результатами просторово-часового моделювання в період 2003–2021 рр. спостерігалася тенденція підвищення вмісту рухомих мікроелементів і важких металів, в першу чергу на богарних землях в середньому: *Mn* на 10 мг/кг, *Cu* – 0,07 мг/кг, *Zn* – 0,4 мг/кг, *Cd* – 0,15 мг/кг, *Pb* – 0,35 мг/кг.

ВИСНОВКИ

Екстенсивне використання сільськогосподарських угідь, порушення сівозмін призвели до значного погіршення природних властивостей ґрунтів зони Степу України за останні 51 рік за основними агрохімічними показниками: вміст гумусу в шарі ґрунту 0...20 см зменшився в середньому на 16,0 %, азоту на 26,92 %, фосфору на 34,84 %, калію на 25,52 %. За умов продовження даної агротехнічної тенденції прогнозується: збереження тенденції дегуміфікації орних ґрунтів, темпи якої будуть у межах 0,01–0,03 % на рік, зниження вмісту азоту з 0,04 мг до 0,06 мг на рік, вміст фосфору на 0,16–0,18 мг на рік, вміст калію на 1,9–3,1 мг на рік.

Спостерігається тенденція до збільшення вмісту рухомих мікроелементів та важких металів, насамперед на богарних землях у середньому: *Mn* на 10 мг/кг, *Cu* – 0,07 мг/кг, *Zn* – 0,4 мг/кг, *Cd* – 0,15 мг/кг, *Pb* – 0,35 мг/кг. На зрошуваних землях спостерігається тенденція до зниження вмісту *Mn* в середньому на 2 мг/кг, *Cu* – 0,03 мг/кг, *Zn* – 0,5 мг/кг, але спостерігається незначне накопичення важких металів: *Cd* – 0,06 мг/кг, *Pb* – 0,01 мг/кг. Прогнозується підвищення мікроелементів на незрошуваних землях в середньому: *Mn* на 7,40 %, *Cu* – 0,04 %, *Zn* – 0,12 %, *Cd* – 1,40 %, *Pb* – 0,19 %; на зрошуваних землях зменшення вмісту рухомих мікроелементів в середньому: *Mn* на 1,50 %, *Cu* – 0,02 %, *Zn* – 0,15 %, а також збільшення вмісту важких металів в середньому: *Cd* на 0,18 %, *Pb* – 0,005 %. Ця тенденція є підтвердженням необхідності реалізації державної та регіональної екологічної політики та відповідних програм щодо охорони, раціонального використання, відновлення земельних ресурсів та підтримки органічного землеробства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Breus D.S., Dudyayeva O.A., Evtushenko O.T., Skok S.V., Organic agriculture as a component of the sustainable development of the Kherson region (Ukraine), International Multidisciplinary Scientific Geoconference, SGEM, Bulgaria, 2018, Vol. 18, P. 691–698.
2. Звіт про роботу Державної установи «Інститут охорони ґрунтів». Київ, 2018. 22 с.
3. Яцук І.П. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення. Київ, 2013. 105 с.
4. Пічура В.І. Зональні закономірності вікових змін клімату на території басейну Дніпра. *Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет*. 2017. № 2. С. 43–52.
5. Дудар О. Розвиток органічного агровиробництва в Україні. *Економіка АПК*. 2012. № 3. С. 121–126.
6. Дюдяєва О.А., Бреус Д.С., Петухов М.О. Сучасні реалії органічного землеробства в Україні. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2016. № 96. С. 191–197.
7. Бреус Д.С. Світовий досвід ведення органічного землеробства та перспективи його розвитку в Україні. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 116. С. 198–206.

REFERENCES

1. Breus D.S., Dudyayeva O.A., Evtushenko O.T., Skok S.V. (2018). Organic agriculture as a component of the sustainable development of the Kherson region (Ukraine). *International Multidisciplinary Scientific Geoconference, Vol. 18*, 691–698.
2. Zvit pro robotu Derzhavnoi ustanovy «Instytut okhorony gruntiv» [Report on the work of the State Institution "Institute of Soil Protection"] (2018). Kyiv, 22 [in Ukrainian].
3. Yatsuk I.P. (2013). Metodyka provedennia ahrokhimichnoi pasportyzatsii zemel silskohospodarskoho pryznachennia [Methodology of agrochemical certification of agricultural lands]. Kyiv, 105 [in Ukrainian].
4. Pichura V.I. (2017). Zonalni zakonornosti vikovykh zmin klimatu na terytorii baseinu Dnipra [Zonal regularities of age-related climate changes in the territory of the Dnipro basin]. *Dnipropetrovskiy derzhavnyi ahrarno–ekonomichnyi universytet – Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University*, 2, 43–52 [in Ukrainian].
5. Dudar O. (2012). Rozvytok orhanichnoho ahrovyrobnytstva v Ukraini [Development of organic agricultural production in Ukraine]. *Ekonomika APK – Economy of agro-industrial complex, № 3*, 121-126 [in Ukrainian].
6. Diudiaeva O.A., Breus D.S., Petukhov M.O. (2016). Suchasni realii orhanichnoho zemlerobstva v Ukraini [Modern realities of organic farming in Ukraine]. *Tavriiskiyi naukovyi visnyk. Silskohospodarski nauky – Taurian Scientific Bulletin. Agricultural sciences*, 96, 191-197 [in Ukrainian].
7. Breus D.S. (2020). Svitovyi dosvid vedennia orhanichnoho zemlerobstva ta perspektyvy yoho rozvytku v Ukraini [World experience of conducting organic farming and prospects for its development in Ukraine]. *Tavriiskiyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Bulletin*, 116, 198-206 [in Ukrainian].

ABSTRACT

RETROSPECTIVE ANALYSES OF SOIL FERTILITY CHANGE IN THE STEPPE ZONE OF UKRAINE

Traditional agriculture can be characterized as having high indicators of economic efficiency, but its implementation entails environmental consequences that ultimately lead to pollution of the natural environment and a decrease in soil productivity. The productivity of the soil can be determined by its ability to meet the needs of plants in moisture, nutrients, and air, as well as to provide conditions for their normal functioning in order to obtain stable and high yields, that is, by its fertility. The rational use of soils in agriculture, the development, planning and effective use of a set of measures for the management and regulation of soil fertility must begin with the determination of their actual agro-ecological state, which must be considered as a set of physico-chemical, agrophysical, biological and agrochemical properties, as well as soil pollution radionuclides, heavy metals, pesticides and other toxic substances. In order to determine the productivity of soils, their spatial-temporal heterogeneity and their value, it is necessary to use indicators of agrochemical and ecological assessment of soils. Points for soil grading are calculated in accordance with the method of agrochemical certification of agricultural land, which was invented by Ukrainian scientists S.A. Balyk and I.P. Yatsuk.

To assess the condition of the soils of the Steppe zone of Ukraine and determine changes in their agroecological properties along with their fertility, an analysis of the results of the XI round of continuous agrochemical certification of agricultural lands of the Steppe zone of Ukraine, conducted by the Kherson branch of the State Institution "State Soil Protection", using information from 296 soil sampling stations. A retrospective study of soils was carried out according to their main agrochemical indicators with the use of modern geoinformation technologies. The spatio-

temporal changes in the content of the main indicators of soil fertility are outlined using the results of ten rounds of soil surveys: from II (1970–1974) to XI round (2017–2021). Using the built-in functions of the ArcGIS 10.1 software, models of spatio-temporal changes in the agro-ecological state of the soils of the Steppe zone of Ukraine were developed based on the main agrochemical indicators.

Key words: GIS technologies, soil fertility, agrochemical certification, retrospective studies, spatio-temporal modeling.