

УДК 502: (37.03+613)

**Е. О. КОЧАНОВ**, канд. військ. наук, доц., **І. Е. КОЧАНОВА**  
*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна*

### **ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ ВІЗУАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА УРБОСИСТЕМ (на прикладі Ленінського району м. Харкова)**

Екологічні проблеми, зазвичай, пов'язані з забрудненням повітря і води, з високим рівнем шумового та радіаційного забруднення, але ніколи при цьому не згадується такий екологічний фактор як візуальне середовище та його стан. Більше того, прийнято вважати, що все що нам потрібно – це чисте повітря, чиста вода і ми не опікуємося про те, на що дивимось. Візуальне середовище сучасних міст України суттєво впливає на стан здоров'я мешканців цих міст. Проведено дослідження стану візуального середовища Ленінського району м. Харкова і надані рекомендації поліпшення візуальних полів.

**Ключові слова:** відеоекотологія, візуальне середовище, саккади

#### **Kochanov E., Kochanova I. ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF VISUAL ENVIRONMENT URBOSYSTEMS (ON THE EXAMPLE LENINSKY DISTRICT OF KHARKIV)**

Environmental problems are usually linked to air and water pollution, with high levels of noise pollution and radiation, but never at the same time mentions the environmental factor as a visual medium and its status. Moreover, it is assumed that all we need - it's pure air, clean water and we do not care about what we look. Visual environment of modern cities in Ukraine affects the health of the inhabitants of these cities. Conducted a study on the state of the visual environment of Leninsky district of Kharkov and made recommendations to improve the visual fields.

**Keywords:** videoecology, visual environment, saccades

#### **Кочанов Э. А., Кочанова И. Э. ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ ВИЗУАЛЬНОЙ СРЕДЫ УРБОСИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ ЛЕНИНСКОГО РАЙОНА Г. ХАРЬКОВА)**

Экологические проблемы, обычно связанные с загрязнением воздуха и воды, с высоким уровнем шумового и радиационного загрязнения, но никогда при этом не упоминается такой экологический фактор как визуальная среда и ее состояние. Более того, принято считать, что все что нам нужно - это чистый воздух, чистая вода и мы не заботимся о том, на что смотрим. Визуальная среда современных городов Украины существенно влияет на состояние здоровья жителей этих городов. Проведены исследования по изучению состояния визуальной среды Ленинского района г. Харькова и даны рекомендации улучшения визуальных полей.

**Ключевые слова:** видеоэкология, визуальная среда, саккады

#### **ВСТУП**

**Постановка проблеми.** Міське середовище являє собою комплекс природних, природно-антропогенних і соціально-економічних факторів, які роблять значний і різноманітний вплив на мешканців міст. Міське середовище життя людини – це сукупність внутрішньо-квартирного житлового середовища, штучного середовища (поза квартирами, підприємств, установ, вулиць, доріг, транспорту та ін.), середовища культурних ландшафтів (парків, садів та ін.), природного середовища, а також соціально-психологічного й соціально-економічного середовищ. Створення екологічного міського середовища життєво важливо для людини.

Проблема екології людини придбала для багатьох країн економічну і соціальну значимість. Однак, коли мова йде про екологічні

проблеми, звичайно говориться про погане повітря, забруднену воду, підвищений шум і радіацію і не згадується не менш важливий екологічний фактор – постійне видиме середовище і його стан.

**Аналіз останніх досліджень й публікацій.** Наукові дослідження свідчать що постійне візуальне середовище, його насиченість зоровими елементами впливає на психічний і загально-фізіологічний стан людини, особливо впливає на його **орган зору**, тобто діє як будь-який інший екологічний фактор [10, 11, 12].

Науковий напрямок, що розбудовує аспекти візуального сприйняття навколишнього середовища, було запропоновано російським фізіологом В. А. Філінім в 1989 році, називається **відеоекотологією**. Це пріоритетний науковий напрям, який входить у сферу

інтересів екологів, психологів, фізіологів, лікарів, архітекторів, художників [9].

### ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Вигляд великих міст і його вплив на людину вивчає відносно нова наука – відеоекологія. Термін *відеоекологія* ( від латин. video – бачити, греч. οίκος і λόγος – екологія) містить у собі область знання про взаємодію людини з навколишнім видимим середовищем [16].

Проблема відеоекології стала особливо актуальною за останні 50 років у зв'язку із загальною урбанізацією, яка відторгнула людину від природнього візуального середовища. Такому відторгненню значною мірою сприяло застосування нових містобудівних технологій, конструкцій, матеріалів у практиці забудови міст.

Візуальне середовище – один з головних компонентів життєзабезпечення людини. Під *візуальним середовищем* розуміють навколишнє середовище, яке людина сприймає через орган зору у всьому його розмаїтті – це ліс, берег моря, небо, гори, будинки, споруди, це інтер'єр житлових і виробничих приміщень, автомашини, кораблі, літаки і т. ін. Усе видиме середовище вчені умовно поділили на дві складові: природну й штучну [9].

**Мета.** Дати оцінку візуального середовища Ленінського району м. Харкова та рекомендації щодо його поліпшення.

Природнє візуальне середовище перебуває в повній відповідності з фізіологічними нормами зору, тому що природа створювала око «під себе». Зовсім інша справа – штучне середовище. Воно усе більше відрізняється від природнього і у багатьох випадках суперечить законами зорового сприйняття людини [11, 12]. Поки людина більшу частину часу перебуває у природньому середовищі, у формуванні нового наукового напрямку – відеоекології не було необхідності [12].

Людина сприймає зовнішнє середовище через зоровий аналізатор. На думку вчених 80% інформації людина одержує саме через зір.

Око – самий активний з органів почуттів; постійно рухається і переміщується у двох основних площинах: горизонтальної (вправо – вліво) і вертикальної (нагору – вниз). Така активність досягається, насамперед, природою окорухового апарату й особливо роботою його нервових центрів, а також властивостями м'язів ока, які є самими швидкодіючими в організмі (рис. 1) [8].



Рис. 1 – Будова ока людини

У чималому ступені активності ока сприяють його куляста форма та мінімальне тертя: око практично «пливе» в орбіті, через що воно вільно переміщається й здійснює швидкий аналіз навколишнього простору. Необхідність цього пояснюється, насамперед тим, що око людини ясно бачить навколишні предмети дуже малою ділянкою сітківки всього 0,4 мм у діаметрі, (рис. 2) [8]. Характеризуючи можливості фізіологічного сприйняття простору, відзначається, що розмір поля зору в середньому становить близько 120° [9].

Існують два основні види рухів очей – повільні й швидкі. Швидкі рухи очей у літературі одержали назву *саккади* (від французького слова «бавовна вітрила»). Саккади правого й лівого ока зовсім синхронні й мають однакову амплітуду (рис. 3). Орієнтовані вони також в одному напрямку. Саккад досить багато – приблизно дві і більше у секунду, тобто напрямок погляду змінюється кожні пів-секунди. Таким чином, око постійно сканує навколишній простір [8].

На підставі цих даних була сформульована **концепція про автоматію саккад**. Це

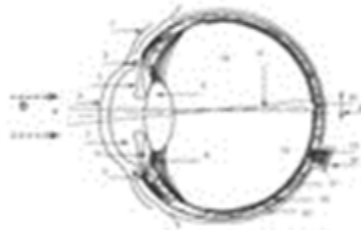


Рис. 2 – Сприйняття візуальної інформації оком людини

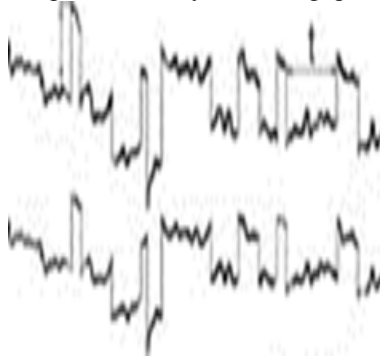


Рис. 3 – Типовий зразок запису рухів очей

означає, що в переважній більшості саккада є первинною, а те, що око побачить після саккади – вторинним. При цьому саккаді ока неодмінно потрібно зупинитися на якомусь елементі. Як тільки це відбувається, око заспокоюється й амплітуда його саккад зменшується до мінімальних значень, число ж саккад залишається колишнім. Через 2-3 секунди око ще раз сканує навколишнє середовище декількома саккадами й знову зупиняється на якійсь деталі, мінімізуючи амплітуду саккад. Існують окремі випадки, коли саккада є вторинною, наприклад, у якості реакції на світловий спалах. Для фіксації погляду на об'єкті, який з'являється в поле зору, саккадичний центр вибирає саккаду відповідної амплітуди й орієнтації, точніше – здійснюється їхня модуляція, а інтервал задається в колишньому виді [8, 9].

Концепція про автоматію саккад є новим напрямом – про зорове сприйняття навколишнього середовища. Саме з цієї позиції професор Філін В. А. запропонував класифікацію навколишнього простору і відзначив, що середовище може являти собою сукупність комфортного, гомогенного і агресивного полів.

**Комфортні візуальні поля** – це поля з великим різноманіттям елементів у навколишньому просторі. Наявність кривих ліній різної товщини й контрастності, гострих кутів у вигляді вершин і загострень, які утворюють силует, розмаїття колірної гами, згущення й розрідження видимих елементів і

різна їх віддаленість є характерними рисами цих полів. Ліс, гори, моря, ріки, хмари можна з повною впевненістю віднести до комфортного середовища. В цьому середовищі усі механізми зору працюють в оптимальному режимі [11, 12].

**Гомогенні візуальні поля** – це видимі поля в навколишньому просторі, де відсутні зорові деталі взагалі, або кількість їх різко знижена. У міських умовах гомогенні візуальні поля утворюються торцями будинків, заборами, дахами, асфальтовими дорогами. Гомогенізація міського середовища пов'язана із застосуванням панелей і скла великого розміру, плівок, лінолеуму, фанери, пластику та інших сучасних будівельних матеріалів [11, 12].

Більші однотонні поверхні без яких-небудь яскравих плям впливають на організм людини. Класичний приклад – білий аркуш паперу. Скануючи простір, око не знаходить об'єкти, за які можна було б зачепитися погляду, тому мозок не одержує ніякої інформації. Це викликає дискомфорт і дозволяє зробити висновок, що даний об'єкт виродливий. Подібними предметами набите будь-яке місто. На вулицях це глухі забори, гладкі двері, голі торці будинків, панелі великого розміру, монолітне скло, асфальтове покриття доріг, даху будинків, намету, гаражі й павільйони. Загалом, будь-яка одноколірна площа, обмежена прямими лініями [8, 11, 12].

**Агресивні візуальні поля** – це поля, що складаються із безлічі однакових елементів,

рівномірно розосереджених на якійсь поверхні, наприклад, тканина в горошок [8, 11, 12].

Занадто велика кількість однотипних об'єктів, на яких можна зафіксувати погляд, приводить до того, що в мозок надходить величезна кількість сигналів, які містять таку ж саму інформацію. Це викликає сум'яття, відблиски в очах і змушує нас швидко відвертатися. Проте, у містах з кожним днем з'являються все нові й нові агресивні поля. Це й панельні багатоповерхові будинки з рівномірним розташуванням вікон, усіяні сітками й ґрати, гофроване залізо, шифер, рівна цегельна кладка, плитка в метро й багато чого іншого.

Негативний вплив гомогенних і агресивних полів підсилює їхня комбінація із прямими лініями й прямими кутами, які око також «не любить» [8, 11, 12].

Отже, візуальне середовище є невід'ємним екологічним фактором, і людина як біологічний вид сформувалася в певних природних умовах. На думку Аристотеля, місто повинно надавати людям безпеку і одночасно робити їх щасливими.



а)



б)

а) вул. Клапоцова, б. 57; б) вул.Клапоцова, б. 48

**Рис. 4** – Будинки житлового фонду Ленінського району, які утворюють агресивне поле візуального середовища

Багатоповерхові житлові будинки з великою кількістю вікон утворюють **агресивні поля візуального середовища**. Погляд очей завдяки автоматії саккад переноситься з одного вікна на інше кожні пів-секунди. При цьому від кожної саккади в мозок іде та сама інформація: «вікно», «вікно», «вікно», що неминуче веде до перевантаження мозку.

Потрібно відзначити, що останнім часом намітилася позитивна динаміка до питанню

Для оцінки візуального середовища Ленінського району м. Харкова об'єкти умовно були розділені на групи залежно від соціального призначення: житловий фонд; ландшафтно-рекреаційна зона; установи освіти, культури і мистецтва; установи охорони здоров'я; спортивні, фізкультурно-оздоровчі установи; підприємства торгівлі, харчування, побутового обслуговування; промислова зона; організації керування; дорожня мережа; храми й пам'ятники архітектури.

Для дослідження було відібрано більше ста різних об'єктів, які є типовими для кожної умовної групи.

При відборі об'єктів житлового фонду, установлено, що багатоквартирні будинки побудовані переважно із цегли, бетону, мають прямокутну форму з гострими кутами, сірого кольору (рис. 4). Деякі будинки облицьовані плиткою. Такі будинки зводилися переважно у 60-80 роки минулого сторіччя, у зв'язку з необхідністю швидкого розв'язання житлової проблеми. Тому, питанням формування комфортного візуального середовища уваги не приділялося.

формування комфортного візуального середовища житлового фонду району. При будівництві нових і реконструкції старих будинків змінюється колористика фасадів. Грамотно підібраний колір здатний зняти зорovu напругу, тому забудовники відходять від традиційного сірого кольору (рис.5 а, б), що дозволяє стверджувати про відношення цих будівель до **гомогенних полів візуального середовища**. Внутрішня територія будинків

упоряджена дитячими майданчиками й зеленими насадженнями перетворює агресивні і гомогенні поля візуального середовища *до комфортного* (рис. 5 в).

Типовим прикладом будинку, який утворює *агресивне візуальне середовище* і спотворює вигляд району, є готель «Експрес», який розташований на Привокзальній площі. Дивлячись на суспільний будинок із проїжджої частини вулиці Полтавський шлях або із протилежної її сторони (рис. 6.), видно одночасно 130 однакових вікон. Дивитися на таку поверхню вкрай неприємно.



а)



б)



в)

а) вул. Котлова; б) вул. Клапцова, б. 52/54; в) внутрішній двір вул. Клапцова, б. 52/54  
**Рис. 5** – Сучасні архітектурні рішення, які створюють гомогенні і комфортні поля візуального середовища Ленінського району м. Харкова



**Рис. 6** – Готель «Експрес», Привокзальна площа

Це відбувається тому, що зображення, які отримані правим і лівим оком, важко злити в єдиний зоровий образ. Завдання збільшується ще й тим, що на область ясного бачення сітківки доводиться одночасно більше одного вікна. У таких умовах не може повноцінно працювати бінокулярний апарат очей. Людина фізично не може дивитися на такий будинок, естетичної насолоди вона йому теж не доставляє.

Взагалі Привокзальна площа є «візитною карткою» Ленінського району, «залізничною брамою» Харкова, однією з головних визначних пам'яток Ленінського району й міста в цілому.

В ансамблі площі вміло поєднуються архітектурні об'єкти різних історичних епох. Самий старий будинок ансамблю – це Управління Південної залізниці (рис. 7 а). Гігантський будинок у стилі неокласицизму було побудовано в 1914-му році за проектом архітекторів А. Дмитрієва, Д. Ракітіна й інженера П. Ротгорта [6]. Взагалі ця будівля утворюю **комфортне поле візуального середовища**.

Напроти знаходиться будинок Головоштамту, побудований в стилі конструктивізма (рис 7 б), і як більшість подібних будівель

утворює **агресивне поле візуального середовища**.

Напроти будинку вокзалу у 1926 році був закладений житловий будинок для працівників Південної залізниці. Будинок побудований за проектом відомого харківського архітектора А. Бекетова й по стилю представляє сталінську неокласику кінця 30-х років (рис. 7 в). Житловий будинок уміло вписано в існуючу забудову. Будинок фактично складається із двох корпусів. Північний корпус будинку замикає своїм фасадом привокзальну площу. А південний корпус, що примикає до нього протяжним, прикрашеним куполом, за формою повторює один з кутових куполів управління Південної залізниці [6]. Будинок відноситься до класичного прикладу **комфортного візуального середовища**.

Центральний будинок архітектурного комплексу Привокзальної площі – вокзал, який побудований в 1952 році архітекторами М. Волошиним, Б. Мезенцевим, Е. Лимарем. Особливу нарядність будинку вокзалу надають обробка природним каменем, бронзовим литтям, керамікою, архітектурним ліпленням з використанням українського



а) управління Південної залізниці; б) будинок Головоштамту; в) житловий будинок для працівників Південної залізної дороги; г) будівля вокзалу

**Рис. 7** – Архітектурний комплекс «привокзальна площа»

орнаменту (рис. 7. г). Будівля вокзалу також належить до комфортного візуального середовища.

Архітектурний ансамбль Привокзальної площі доповнюють квітучі клумби, фонтани. Різноманітні елементи ансамблю (арки, колони, криві лінії, ліпнини) створюють **комфортне поле візуального середовища**, необхідного для повноцінної роботи очей.

Дослідження які були проведені в ландшафтно-рекреаційних зонах району дозволяють зробити висновок, що жива природа має всі необхідні якості для оптимального зорового сприйняття. Ліс, річки, парки утворюють комфортне візуальне середовище. В таких умовах механізми зору працюють в оптимальному режимі. Коли людина перебуває в природному середовищі, то при будь-якій амплітуді саккад, при будь-якій їх орієнтації і будь-якому інтервалі часу завжди знайдеться достатнє число елементів для фіксації. Погляд зупиняється на якомусь елементі, амплітуда саккад зменшується до мінімуму. Так, низкою йдуть фіксації очей на нових і нових елементах: листах, гілках, верхівках дерев, чагарниках, траві, пеньках і

т. ін. І всюди око знаходить «свій спокій». Людина у цей час відпочиває, нічого не розглядаючи пильно, а це значить, що й автоматія саккад працює у власному режимі із кращою орієнтацією й властивим їм інтервалом. Тому жителі міст прагнуть на природу не тільки за чистим повітрям, але й відпочивати від міського техногенного агресивного середовища, у тому числі, і для відпочинку зорового аналізатора [14 – 15].

Театри, музеї, виставочні й концертні зали – це будинки, від відвідування яких люди очікують естетичного задоволення, психологічної розрядки. Тому формування комфортного візуального середовища для установ культури й мистецтва першочергове завдання.

З установ культури досліджували 2 театри і Будинок культури й техніки Південної залізниці. Харківський академічний театр музичної комедії й Харківський театр для дітей і юнацтва. Харківський академічний театр музичної комедії розташований у Будинку культури харчовиків (рис. 8 а).



а)



б)

а) Будинок культури харчовиків – гомогенне візуальне середовище;  
б) стара будівля – комфортне візуальне середовище.

**Рис. 8** – Харківський академічний театр музичної комедії

Старий будинок театру не відновлений після пожежі (рис. 8 б). Будинок культури харчовиків створює гомогенне візуальне поле, будівля старого театру відноситься до комфортного візуального середовища, але нажалі за економічних умов поки ще ця будівля не відновлена після пожежі.

Харківський театр для дітей і юнацтва розташований у приміщенні «для видовищ», яке побудовано у 1835 році. Комфортне візуальне поле, створене стародавнім будинком, у якому перебуває «ТЮЗ», є сприятли-

вим для ока. Тут є все для повноцінної його роботи: і різноманітність зорових елементів, і цікавий силует, і насичений деталями перший поверх (вікна, вивіски, під'їзд). Крім того, в естетичному плані будинок зберігає в собі якусь таємницю, яка і є сутністю краси.

Яскравим прикладом того, як будівля, навпаки, може перетворитися з комфортного поля візуального середовища в гомогенне – є будівля Будинку культури й техніки Південної залізниці (рис. 9 б). Будівля, яка побудована в стилі розгорнутого прапора з ве-



а)



б)

а) Харківський театр для дітей і юнацтва; б) Будинок культури й техніки Південної залізниці.

**Рис. 9** – Установи культури Ленінського району м. Харкова

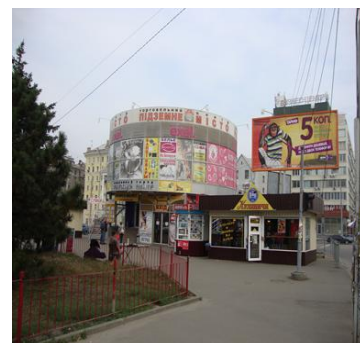
ликою кількістю архітектурних рішень і прикрас за рахунок свого сірого кольору втрачає колорит і перетворюється на сірий «моноблок».

Найбільш мобільною частиною архітектури району є малі її форми (кіоски, палатки, ларьки, зупинки автобусів і вітрини магазинів). З їхньою допомогою можна швидко міняти до кращого візуальне середовище. Однак цього не відбувається. У Ленінському

районі всі вулиці заповнили одноманітного виду палатки і кіоски, які створюються за тими ж естетичними нормами, що й «велика» архітектура: ті ж гомогенні й агресивні візуальні поля (рис. 10) Такі творіння рук людських перебувають на Привокзальній площі поруч із прекрасними стародавніми будинками і своїм видом завдають шкоди візуальному середовищу.



а)



б)

а) Привокзальна площа; б)ТЦ Підземне місто

**Рис. 10** – Малі архітектурні форми

Наприкінці ХХ століття в містах – мегаполісах формується принципово нове просторове середовище – інформаційне. Ленінський район Харкова не є виключенням. Характерним проявом такого явища стали білборди на транспортних магістралях, рекламні щити, медіафасади (рис. 11).

Інформаційне середовище повинно виконувати функції орієнтації, навігації, інформації й комунікації. Реклама стала сьогодні самостійним архітектурним елементом району і мегаполісу в цілому, розташована на фасадах будинків, магазинах, установах. Основна її мета – привернути увагу будь-

якими способами. Усе це, безумовно, впливає на психіку людини, веде до стресів, психоемоційної втоми, дратівливості. Яскраві плакати, що кричать, розсіюють увагу автомобілістів і пішоходів, відволікають їх, нерідко, провокують дорожньо-транспортні пригоди.

Об'єктам виробничого середовища властиві раціональність і технологічність. Більша частина промислових будинків своїм видом створює *агресивні видимі поля* (рис. 12).

Дослідження промислових об'єктів Ленінського району проводилися на вулиці Лозовській, де розташовані Харківська





Рис. 11 – Приклади агресивного візуального середовища, яке утворює реклама



а)

б)

а) елеватор, вул. М. Панасівська; б) завод “Електроапаратури”, вул.Лозовська

Рис. 12 – Приклади агресивних полів, які утворюють промислові об’єкти Ленінського району м. Харкова



а)

б)

а) Благовіщенський собор; б) Церква Олени й Костянтина

Рис. 13 – Приклади комфортного візуального середовища, яке утворюється православними церквами

бісквітна фабрика, завод електроапаратури, завод шампанських вин. Невиразний силует, відсутність естетично виразних елементів, невиразні композиції фасадів і об'ємно-просторові рішення створюють агресивне візуальне середовище.

Хоча необхідно відзначити, що заводи розташовані вдалині від житлових масивів, суспільних установ і агресивність візуального середовища зм'якшують численні зелені насадження.

У ході досліджень об'єктів візуального середовища Ленінського району встановле-

но, що *комфортне візуальне середовище* представлено пам'ятниками архітектури і храмами (рис. 13), яких на території району небагато. Серед них триповерховий будинок найстарішої в місті пожежної частини, відділення міліції.

Віртуозна декоративність форми храмів на території Ленінського району сприяє створенню великої різноманітності візуального поля й створює *комфортне середовище*.

### ВИСНОВКИ

Таким чином, аналіз сучасного стану візуального середовища Ленінського району визначив, що у вигляді району переважають агресивні й гомогенні візуальні поля. Архітектура району в естетичному плані несе негативний характер тому, що мало будинків з розмаїттям зорових елементів. Існує реальна погроза фізіологічним механізмам зору, які не можуть повноцінно працювати в агресивних і гомогенних полях візуального середовища.

На жаль на сьогодні поліпшити візуальне середовище Нашого міста не можливо з багатьох причин. Однак, поступово необхідно вирішувати це завдання з використанням методів, що апробовані в країнах Європи.

Перелічимо ці методи:

1. Декор будинків не означає «архітектурних надмірностей», бо це необхідні фун-

кціональні елементи, що становлять основу візуального середовища. Найпростішим способом декорування будинків може бути використання графіті із залученням молодих художників.

2. Колористика міста. При будівництві нових і реконструкції старих будинків рекомендується звернути увагу на колористика фасадів. Грамотно підібраний колір здатний зняти зорову напругу. Доцільно застосовувати вертикальне озеленення.

Поліпшення візуального середовища може бути виконано з використанням незначних, у масштабах району й міста, коштів.

Міське середовище – це місце, де усі ми живемо, працюємо, вчимося, відпочиваємо. І від того наскільки комфортним буде це місце залежить багато в чому наше майбутнє

### ЛІТЕРАТУРА

1. Авдеева Е. В. Зеленые насаждения в мониторинге окружающей среды крупного промышленного города. [Текст]: диссертация доктора сельскохозяйственных наук: 03.00.16: защищена 29.03.08: утверждена 02.08.08/ Е. В. Авдеева, – М.: 2008. – 148с.
2. Ахмедова Л. С. Особенности трансформации визуального информационно – коммуникативного поля города. [Текст]: диссертация кандидата архитектуры: 18.00.01: защищена 12.04.09: утверждена 15.09.09/ Ахмедова Лаура Сергеевна. – М.: 2009. – 124 с.
3. Габайдулина С. Цвет как психологическая характеристика городской среды./ С. Габайдулина. //Колористика города (Материалы Международного семинара).– М.: 1990. Т 1.– С. 175-181.
4. Городков А. В. Методика оценки агрессивности визуальных полей городской среды. / А. В. Городков, С. И. Федосова. //Вестник МАНЭБ. – Т. 11, № 3. – СПб., 2006. – С. 30-35.
5. Ежова Н. А. Параметры комфортности личности в городском визуальном ландшафте/ Н. А. Ежова.// Аналитика культурологии [Электронный ресурс]. Режим доступа:<http://analiculturolog.ru/component/k2/item/1583>.
6. Историко-информационный портал. Улицы и площади Харькова: [Электронный ресурс]. – Режим доступа:[www.streets.kharkiv.info](http://www.streets.kharkiv.info).
7. Офіційний сайт адміністрації Ленінського району Харківської міської ради: [Електронний ресурс]. – Режим доступа:[www.lenrada.kharkov.ua](http://www.lenrada.kharkov.ua).
8. Филин В. А. Автоматия саккад. / В. А. Филин. – М.: Изд-во МГУ:, 2002. – 129 с.
9. Филин В. А. Видеоэкология. Что для глаза хорошо, а что – плохо. / В. А. Филин. – М.: Видеоэкология, 2006. – 512 с.
10. Филин В. А. Видеоэкология – наука о красоте и визуальной среде: / В. А. Филин. [Электрон-

- ний ресурс]. – Режим доступа: [www.videoecology.ru](http://www.videoecology.ru)
11. Филин В. А. Визуальная среда как социальный фактор. / В. А. Филин. – М.: Видеоэкология, 2006. – 212 с.
12. Филин В. А. Цветовая среда города как экологический фактор. / В. А. Филин. // Колористика города (материалы Международного семинара). – М: 1990. Т 1. – С. 55-60.
13. Харків. Основні положення Генерального плану: [Електронний ресурс]. – Режим доступа: [www.city.kharkov.ua](http://www.city.kharkov.ua).

Надійшла до редколегії 06.03.2012

УДК 911+504.004

**А. Н. НЕКОС**, канд. геогр. наук, проф., **П. В. СЕМИБРАТОВА**, инж.  
*Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина*

**Е. В. ВЫСОЦКАЯ**, канд. техн. наук, доц., **А. П. ПОРВАН**, канд. техн. наук,  
**А. Л. ПЕТУХОВА**, студ.  
*Харьковский национальный университет радиотехники*

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Рассматривается степень влияния природных и антропогенных факторов на содержание микроэлементов в продуктах питания растительного происхождения с помощью методов дисперсионного анализа. Установлены закономерности накопления микроэлементов в растительной продукции в зависимости от почвенного разнообразия, природной зоны, а также от уровня загрязнения поверхностных вод.

**Ключевые слова:** безопасность продуктов питания растительного происхождения, тяжелые металлы, природные и антропогенные факторы, дисперсионный анализ

### Некос А. Н., Семібратова П. В., Висоцька О. В., Порван А. В., Петухова А. Л. ВПЛИВ ПРИРОДНИХ І АНТРОПОГЕННИХ ФАКТОРІВ НА ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ РОСЛИННОЇ ПРОДУКЦІЇ

Розглядається ступінь впливу природних і антропогенних факторів на вміст мікроелементів у продуктах харчування рослинного походження, за допомогою методів дисперсійного аналізу. Встановлено закономірності накопичення мікроелементів в рослинній продукції в залежності від ґрунтового різноманіття, природної зони, а також від рівня забруднення поверхневих вод.

**Ключові слова:** безпека продуктів харчування рослинного походження, важкі метали, природні та антропогенні фактори, дисперсійний аналіз

### Nekos A., Semibratova P., Vysotska E., Porvan A., Petukhova A. EFFECT OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS ON THE FORMATION OF THE QUALITY OF PLANT PRODUCTS

We consider the degree of influence of natural and anthropogenic factors on the content of trace elements in foods of plant origin, using the methods of analysis of variance. The laws of accumulation of trace elements in plant products, depending on soil biodiversity, natural area, as well as the level of pollution of surface waters.

**Keywords:** food safety, plant, heavy metals, natural and human factors analysis of variance

### ВВЕДЕНИЕ

**Постановка проблемы.** Одной из актуальных проблем современного человека является экологическая безопасность всех сфер деятельности, окружающей среды (почва, воздух, вода), продуктов питания и т.д. Известно, что состояние здоровья человека зависит от качества воды, которую он потребляет, от качества воздуха, которым он дышит и от качества продуктов питания.

Последнее время население все больше задумывается над качественными харак-

теристиками продуктов питания растительного происхождения (овощи, фрукты, ягоды, травы, грибы) и это стало социальной проблемой и проблемой потребительского рынка. В наиболее развитых странах уже существуют торговые сети экологически чистых растительных продуктов питания, «зеленые» супер-маркеты и производители растительных продуктов питания уже не меньше, чем потребитель, заинтересованы в экологической безопасности пищевой продукции растительного происхождения.

В настоящее время в связи с повы-

@ Некос А. Н., Семібратова П. В., Висоцька Е. В., Порван А. П., Петухова А. Л., 2012

шением требований к качеству продуктов большее внимание уделяется изучению вопросов, связанных с загрязнением в т. ч. тяжелыми металлами, пищевых продуктов растительного происхождения (овощи, фрукты, грибы, ягоды), что представляет опасность для здоровья человека.

С географической точки зрения стало необходимым определить закономерности влияния природных и антропогенных факторов на показатели концентрации тяжелых металлов и Al в растительной продукции, что необходимо подтвердить методами статистического анализа. Для изучения подтверждения влияния и значимости факторов используются методы дисперсионного анализа, на результативный признак, который основан на принципе "отражения разнообразия значений результативного признака" и устанавливает силу влияния фактора(ов) в выборочных совокупностях. Проверка гипотезы о гомогенности дисперсий статистических популяций проводится с использованием теста Левине.

**Состояние изученности проблемы.** Проблема выращивания экологически чистой сельскохозяйственной продукции стала в последние годы более чем актуальна в связи с усилением техногенной нагрузки на окружающую среду. Трофогеографические

исследования [5] проводятся с целью изучения экологической безопасности почв и продуктов питания растительного происхождения, которые выращиваются на приусадебных участках населения в разных природных и социально-экономических условиях [2].

Одним из наиболее опасных загрязнителей окружающей среды являются тяжелые металлы, которые имеют свойство накапливаться в различных звеньях трофических цепей биосферы, а также влиять на их функционирование и организм человека. В трофических цепях органическое вещество закономерно уменьшается, а количество поступивших тяжелых металлов сохраняется, накапливается и концентрация их увеличивается. Поступая в организм человека с продуктами питания растительного происхождения, тяжелые металлы очень медленно выводятся, они способны накапливаться в различных органах, преимущественно в печени и почках, что со временем сказывается на состоянии здоровья человека [1].

**Целью работы** является определение влияния природных, социально-экономических (антропогенных) факторов на содержание микроэлементов в растительных продуктах питания с помощью дисперсионного анализа.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились на территории Украины в границах лесостепной и степной зон, на репрезентативных участках в т.ч. в Харьковской области. Для определения закономерностей накопления 9 тяжелых металлов Fe, Zn, Mn, Ni, Pb, Cu, Co, Cd и Al в растительных продуктах питания были использованы статистические методы, которые позволили определить влияние природных и социально-экономических (антропогенных) факторов на показатели концентрации микроэлементов в растительной продукции. Материалами для статистической обработки послужили данные концентрации химических элементов в 160 образцах растительной продукции (овощи, фрукты, ягоды, травы, орехи, грибы), выращенной на серых лесных почвах, черноземах оподзоленных и типичных и на черноземах обыкновенных в различных природных зонах.

Существует ряд статистических методов, позволяющих определить силу, направ-

ление, закономерности влияния факторов на результат в генеральной или выборочной совокупности.

Статистический анализ проводился в соответствии со следующим алгоритмом: 1. Проведение дисперсионного анализа с целью определения влияния почвенного разнообразия на химический состав растительной продукции; 2. Проведение дисперсионного анализа с целью определения влияния природной зоны на химический состав растительной продукции; 3. Проведение дисперсионного анализа с целью определения влияния уровня загрязнения поверхностных вод на химический состав растительной продукции.

Пусть для описания множества  $\Omega$  - концентрация тяжелых металлов в растительных продуктах питания, состоящего из  $n_k$  объектов  $x_1, x_2, \dots, x_{ik}$ , ( $i$  – элемент ( $i = 1, n_k$ )  $k$ -выборки

( $k = \overline{1, l}$ )), используется  $m=3$  признака, характеризующие варьирования фактора А:  $A_1, \dots, A_m$ . Каждому объекту  $x_{ik}$  ( $i = \overline{1, n_k}$ ) соответствует некоторое значение целевого признака  $A_0$ . Признаки  $A_j$  ( $j = \overline{1, m}$ ) измерены в порядковой шкале. Тогда для решения поставленной задачи множество объектов  $\Omega$  необходимо разбить на  $k_0$  подмножеств  $\Omega_p$  ( $p = \overline{1, k_0}$ ), таких что  $\Omega_p \cap \Omega_q = 0, \cup \Omega_p = \Omega$ .

В настоящем исследовании все значения были разделены на 10 групп ( $K_0=10$ ):  $\Omega_1$  – концентрация Fe,  $\Omega_2$  – концентрация Mn,  $\Omega_3$  – концентрация Zn,  $\Omega_4$  – концентрация Cu,  $\Omega_5$  – концентрация Ni,  $\Omega_6$  – концентрация Pb,  $\Omega_7$  – концентрация Al,  $\Omega_8$  – концентрация Co,  $\Omega_9$  – концентрация Cr,  $\Omega_{10}$  – концентрация Cd.

Тогда, для проведения первого этапа исследований необходимо изучить влияние фактора  $A_j^1$  – «Почвенное разнообразие», изменяющийся на  $j=3$  уровнях ( $A_1^1$  – серые лесные (лесостепь),  $A_2^1$  – черноземы оподзоленные и типичные (лесостепь),  $A_3^1$  – черноземы обыкновенные (степь) на  $\Omega_p$  откликов.

Гомогенность (однородность) дисперсии между выборками является одной из основных предпосылок для возможности

проведения дисперсионного анализа. Проверку гипотезы о гомогенности дисперсий статистических популяций можно провести с использованием теста Левине:

$$W = \frac{(N-m) \cdot \sum_{i=1}^k N_i \left( \overline{x}_i - Z_{..} \right)^2}{m-1 \cdot \sum_{i=1}^k \sum_{k=1}^{N_i} \left( x_{ik} - Z_{ik} \right)^2}$$

$N$  – общее количество наблюдений во всех выборках;

$N_i$  – количество наблюдений в  $i$ -й группе,

$$Z_{ik} = \frac{1}{N_i} \sum_{i=1}^k \sum_{k=1}^{N_i} Z_{ik} \text{ – математическое}$$

$$\text{соотношение всех } Z_{ik} = \begin{cases} |x_{ik} - \bar{x}_k|; \\ |x_{ik} - \tilde{x}_k| \end{cases}$$

$$Z_{..} = \frac{1}{N_i} \sum_{k=1}^{N_i} Z_{ik} \text{ – математическое}$$

совпадение  $Z_{ik}$  для  $k$ -й выборки;

$\bar{x}_k$  – арифметическое среднее  $k$ -й выборки;

$\tilde{x}_k$  – медиана  $k$ -й выборки.

Если уровень значимости  $p$  теста Левине меньше 0.05, то полученная для выборок разница дисперсий маловероятно является результатом случайности процесса исследования. Одним из преимуществ теста Левине является то, что он не требует, чтобы данные были получены из нормально распределённой статистической популяции. Результаты проведения теста приведены в таблице 1, где  $W$  – значение теста Левине,

Таблица 1

**Критерий Левине проверки равенства дисперсий**

Химический элемент	$W$	$df1$	$df2$	$p$
Fe	3,997	2	267	0,019
Mn	3,277	2	267	0,039
Zn	3,823	2	267	0,023
Cu	3,940	2	267	0,021
Ni	9,076	2	267	0,001
Pb	0,353	2	267	0,003
Al	1,994	2	267	0,038
Co	4,906	2	267	0,008
Cr	7,830	2	267	0,096
Cd	4,774	2	267	0,089

$df1$  — уровень варьирования фактора А, равный  $c-1$  ( $c$  – количество уровней варьирования фактора А);  $df2$  — уровень варьирования отклика на фактор А,  $p$  – уровень значимости полученного значения критерия Левине [3].

Проведя анализ полученных результатов можно констатировать, что выборочные дисперсии в группах отличаются значимо. Исключение составляет два

показателя – Cr, Cd, для которых  $p > 0,05$ . Далее выполнили дисперсионный анализ по традиционной схеме [4].

Все результаты проведения дисперсионного анализа представлены в таблице 2 в виде оценки эффектов межгрупповых факторов, где

$$SSA = \sum_{k=1}^m n_k (\bar{x}_k - \bar{X})^2$$

Таблица 2

## Оценка эффектов межгрупповых факторов

Источник вариации	Зависимая переменная	Сумма квадратов, SS	Число степеней свободы, df	Средний квадрат, MS	F	p
Фактор А	Fe	16,213	2	8,106	0,148	0,862
	Mn	27,598	2	13,799	0,769	0,464
	Zn	58,982	2	29,491	2,484	0,085
	Cu	2,470	2	1,235	0,598	0,551
	Ni	1,473	2	0,736	1,653	0,193
	Pb	1,249	2	0,624	0,763	0,467
	Al	4,608	2	2,304	1,227	0,295
	Co	1,610	2	0,805	2,824	0,061
	Cr	0,573	2	0,286	3,531	0,031
	Cd	0,099	2	0,050	3,045	0,049
Случайные отклонения W	Fe	14579,627	267	54,605		
	Mn	4788,838	267	17,936		
	Zn	3169,445	267	11,871		
	Cu	551,285	267	2,065		
	Ni	118,945	267	0,445		
	Pb	218,541	267	0,819		
	Al	501,349	267	1,878		
	Co	76,127	267	0,285		
	Cr	21,655	267	0,081		
	Cd	4,359	267	0,016		

– межгрупповая сумма квадратов, которая равна сумме квадратов разностей между выборочным средним группы  $\bar{x}_k$  и общим средним  $\bar{X}$ , умноженным на объем выборки  $n_k$ ,

$$SSW = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^m n_k (x_{ik} - \bar{x}_k)^2$$

– внутригрупповую сумму квадратов,

$$MSA = \frac{SSA}{c-1}$$

– межгрупповая дисперсии и

$$MSW = \frac{SSW}{n-c}$$

– внутригрупповую дисперсии ( $n$  –

общее количество откликов в исследуемой выборке). Для проверки гипотезы о вероятности влияния фактора А на отклик с уровнем значимости  $p$  вычислили статистику  $F$ -критерия, представляющего собой отношение двух дисперсий:

$$F = \frac{MSA}{MSW}$$

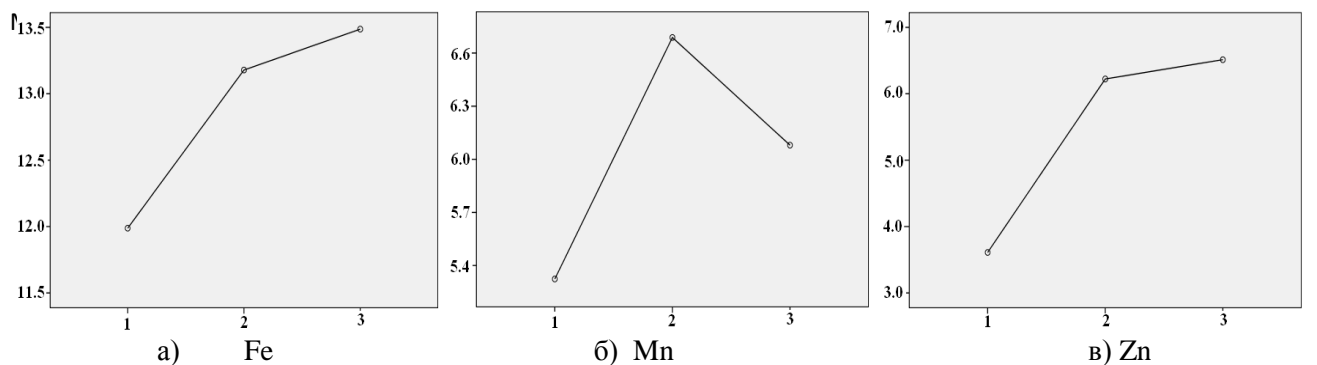
Анализ результатов показал значимое влияние фактора «Почва» на содержание Cr, Cd и незначимое на содержание Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, Al, Co.

На рисунках 1-4 изображены зависимости среднего гармонического значения концентрации микроэлементов в продуктах питания растительного происхождения от поч-

венного різнообразия, где по оси абсцисс – категориальная переменная, соответствующая уровням варьирования фактора «Почва» (1 – серые лесные (лесостепь), 2 – черноземы оподзоленные и типичные (лесостепь), 3 – черноземы обыкновенные (степь), по оси

ординат – среднее гармоническое значение концентрации металла в растительной продукции (мг/кг).

Как видно из рисунка 1, среднее гармоническое значение концентрации Fe (12,0

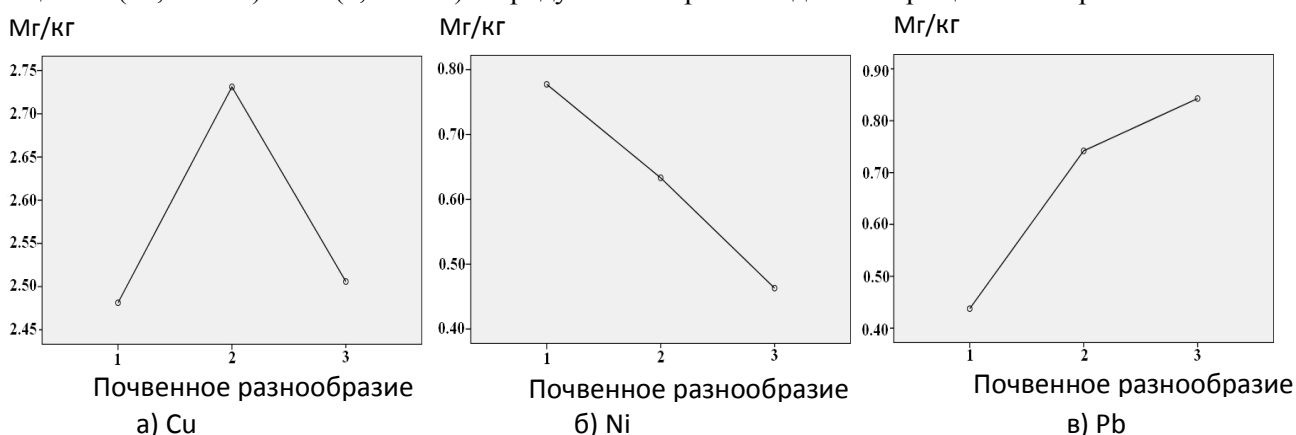


**Рис. 1** – Зависимость среднего гармонического значения концентрации Fe (а), Mn (б), Zn (в) (мг/кг) в продуктах питания растительного происхождения от фактора «Почвенное разнообразие»

мг/кг), Mn (5,4 мг/кг) и Zn (3,5 мг/кг) в растительных продуктах питания, выращенных на серых лесных почвах (лесостепь) наименьшее. Концентрация Fe (13,2 мг/кг), Mn (6,8 мг/кг) и Zn (6,0 мг/кг) в растительных продуктах, выращенных на черноземах оподзоленных и типичных (лесостепь), закономерно увеличивается (Fe на 10 %, Mn на 21 %, Zn более чем на 40 %). Концентрация Fe (13,5 мг/кг) и Zn (6,3 мг/кг) в продук-

тах растительного происхождения выращенных на черноземах обыкновенных (степь) возрастает незначительно (менее чем на 3-5 %), а концентрация Mn (6,0 мг/кг) уменьшается (на 12 %), по сравнению с черноземами оподзоленными типичными.

На представленных зависимостях рис. 2 видно, что среднее гармоническое значение концентрации Cu в продуктах растительного происхождения выращенных на различных



**Рис. 2** – Зависимость среднего гармонического значения концентрации Cu (а), Ni (б), Pb (в) (мг/кг) в продуктах питания растительного происхождения от фактора «Почвенное разнообразие»

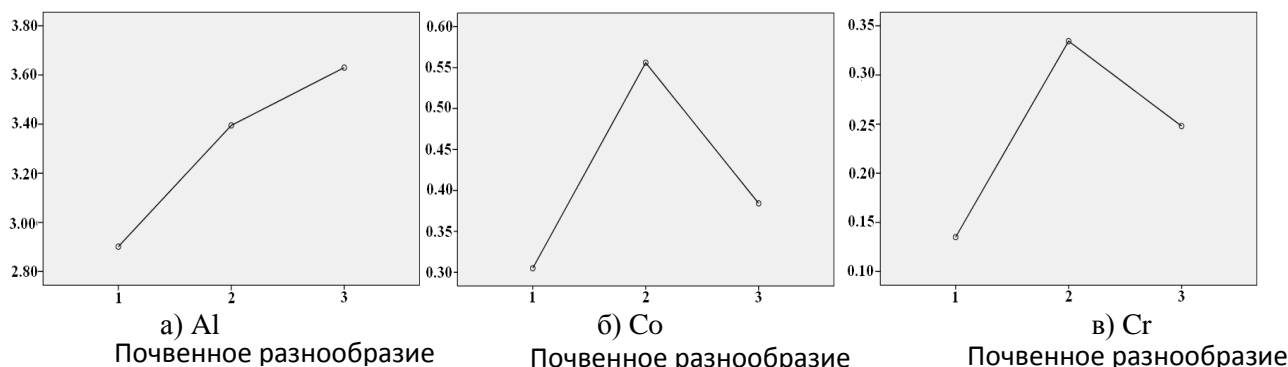
почвах не значительно колеблется от 1,5 до 10 %.

Концентрация Ni наиболее высокая в растительных продуктах, выращенных на серых лесных почвах (0,78 мг/кг) (северная

часть лесостепной зоны) закономерно уменьшается к югу и в черноземах оподзоленных и типичных составляет 0,65 мг/кг (лесостепь), а в черноземах обыкновенных 0,55 мг/кг (степь).

Концентрація же Pb в продуктах харчування наоберот – закономірно збільшується к югу. Концентрація мікроелементів в рослинній продукції вирощеної на сірих лісних ґрунтах (північна частина лісостепі), становить 0,45 мг/кг і значно (до 40 %) збільшується в рослинній про-

дукції, вирощеної на чорноземах оподзолюваних і типових (лісостепа) 0,75 мг/кг. Концентрація Pb в рослинній продукції, вирощеної на чорноземах звичайних (степа), становить 0,85 мг/кг, що практично в 1,5 – 2 рази вище, ніж в продукції лісостепі.



**Рис. 3** – Зависимость среднего гармонического значения концентрации Al (а), Co (б), Cr (в) (мг/кг) в продуктах питания растительного происхождения от фактора «Почвенное разнообразие»

Зависимости, представленные на рис. 3 демонстрируют, что концентрация Al в растительной продукции, выращенной на серых лесных почвах (северная часть лесостепной зоны), составляет 2,75 мг/кг и затем закономерно увеличивается к югу: в растительной продукции, выращенной на черноземах оподзоленных и типичных уже составляет 3,40 мг/кг (лисостепа), а на черноземах обычных - 3,60 мг/кг (степа). Разница концентраций химических элементов в зависимости от почвенного разнообразия составляет 1,2 – 1,3 раза.

Зависимости для Co (рис. 3б) и Cr (рис. 3в) демонстрируют практически одинаковую динамику концентрации этих микроэлементов в продуктах питания растительного происхождения в зависимости от почвенного разнообразия. Концентрация Co в растительной продукции, выращенной на серых лесных почвах (северная часть лесостепи) составляет 0,30 мг/кг, а Cr – 0,13 мг/кг. Концентрация Co в растительной продукции, выращенной на черноземах оподзоленных и типичных (лисостепа) – 0,55 мг/кг, Cr – 0,33 мг/кг. В растительной продукции, выращенной на черноземах обычных (степа), концентрация Co и Cr уменьшается и равна 0,40 мг/кг и 0,25 мг/кг соответственно (что составляет 25-28 %).

Концентрация Cd в продуктах растительного происхождения, выращенных на

серых лесных почвах (северная часть лесостепной зоны) составляет 0,07 мг/кг и возрастает практически в 2 раза до 0,13 мг/кг в растительной продукции, выращенной на черноземах оподзоленных и типичных (лисостепа). А концентрация Cd в продуктах растительного происхождения, выращенных на черноземах обычных (степа), вновь уменьшается и составляет 0,085 мг/кг, что в 1,5 раза ниже, чем в продукции с черноземов оподзоленных и типичных.

Таким образом, каждой точке на графике соответствует некоторый показатель среднего гармонического значения концентрации микроэлемента в растительной продукции. Точка со значением характеризует наибольшую тенденцию к накоплению микроэлементов. Так, из полученных графиков видно, что наибольшей тенденцией к накоплению Ni в растительных продуктах питания обладают серые лесные почвы (северная часть лесостепи); к накоплению Mn, Cu, Co, Cr, Cd – черноземы оподзоленные и типичные (лисостепа); Fe, Zn, Pb, Al – черноземы обычные (степа).

При проведении второго этапа исследования исследуемым фактором  $A_j^2$  является «Природная зона», изменяющаяся на 2-х уровнях:  $A_1^2$  – лисостепа;  $A_2^2$  – степа.

Схема проведения исследования и анализ полученных результатов аналогична





**Рис. 4** – Залежність середнього гармонічного значення концентрації Cd (мг/кг) в продуктах питания растительного происхождения от фактора «Почвенное разнообразие»

первому случаю. В таблиці 3 представлені результати проведення теста Левене.

Полученний результат свідчить про те, що виборочні дисперсії в групах відрізняються не значимо. Виключення складають Cu, Pb, Cr, для яких  $p < 0,05$ . Результати проведення дисперсійного аналізу показують достовірно значиме впливання фактора «Природная зона» на вміст Pb і значиме впливання на вміст Zn в рослинних продуктах пита-

ння. Але, на жаль, не виявлено значимого впливання фактора «Природная зона» на концентрацію Fe, Mn, Cu, Ni, Al, Co, Cr, Cd в продуктах питания растительного происхождения. На рисунках 5 – 8 представлені залежності середнього гармонічного значення концентрації мікроелементів в продуктах питания от фактора «Природная зона», де по осі абсцисс – категоріальна змінна «Природная зона» (1 – лісостепна, 2 – степна), по осі ординат –

**Таблиця 3**

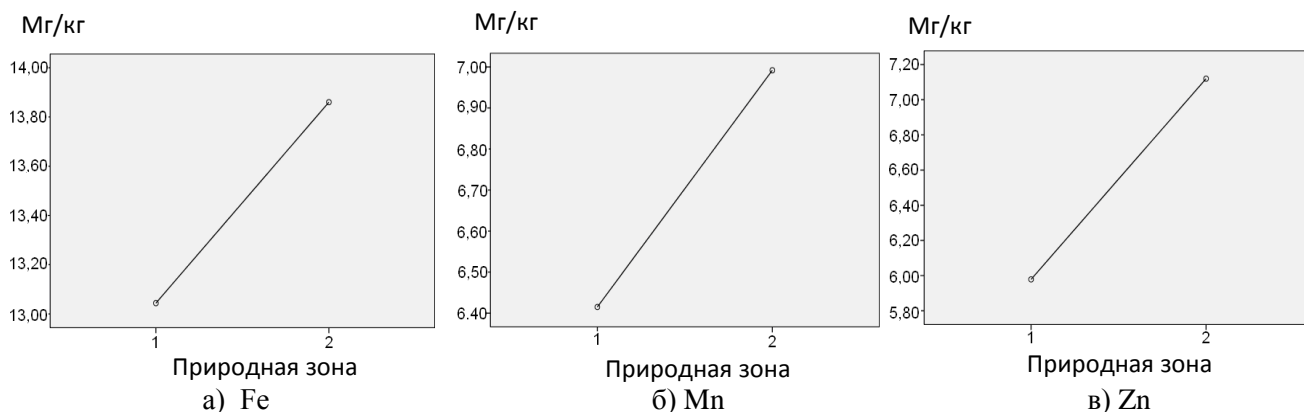
#### Критерій Левине перевірки рівності дисперсій

Хімічний елемент	W	df1	df2	p
Fe	2,659	1	268	0,004
Mn	2,311	1	268	0,030
Zn	1,452	1	268	0,229
Cu	,018	1	268	0,002
Ni	2,964	1	268	0,056
Pb	51,090	1	268	0,061
Al	4,347	1	268	0,038
Co	1,252	1	268	0,044
Cr	2,829	1	268	0,024
Cd	7,548	1	268	0,006

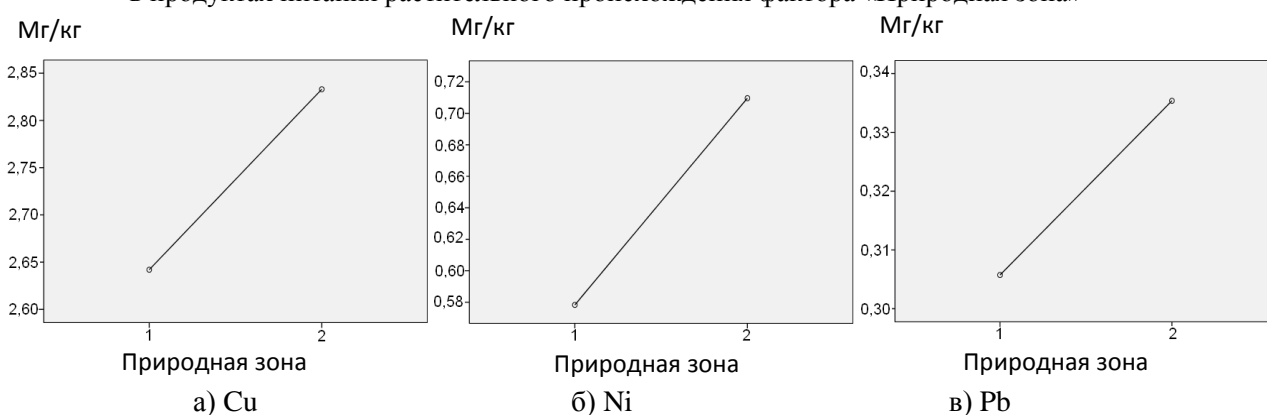
середнє гармонічне значення концентрації хімічного елемента в рослинних продуктах питания.

Рисунок 5 свідчить про те, що концентрація Fe (13,80 мг/кг), Mn (7,0 мг/кг) і Zn (7,15 мг/кг) в рослинній продукції, вирощеної в степній зоні більше, ніж концентрація Fe (13,0 мг/кг), Mn (6,40 мг/кг) і Zn (6,0 мг/кг) в рослинній продукції вирощеної в лісостепній зоні, що становить різницю по Fe 6 %, Mn – 9 %, Zn – 17 %. Концентрація Cu (2,83 мг/кг), Ni (0,72 мг/кг) і Pb (0,33 мг/кг) в продуктах питания растительного происхождения, вирощеної в степній природній зоні, вище на 0,03-0,18 мг/кг концентрації Cu (2,65 мг/кг), Ni (0,58 мг/кг) і Pb (0,30 мг/кг) в продуктах питания растительного происхождения, вирощених в лісостепній природній зоні.

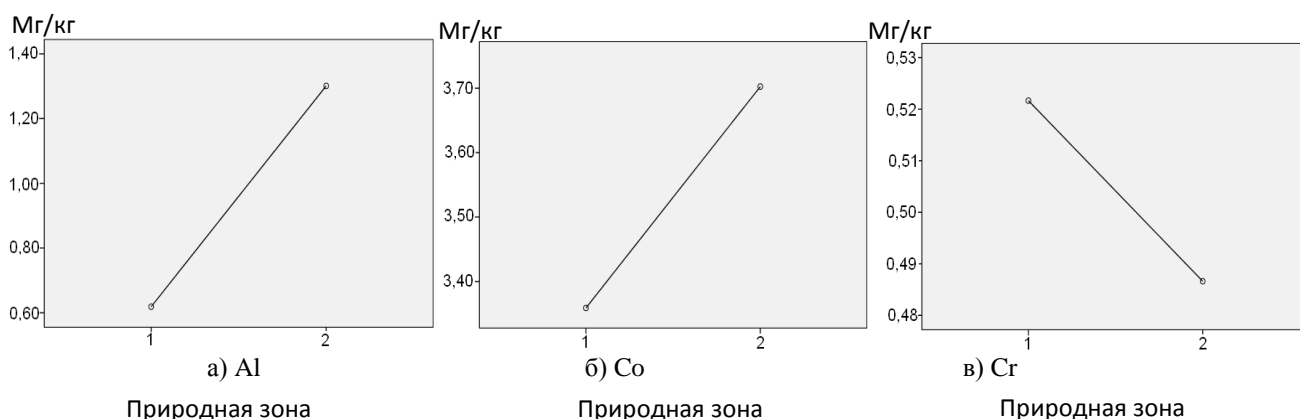
Як видно з рисунка 7 значно більше накопичуються в рослинній продукції, вирощеної в степній природній зоні Al (1,30 мг/кг) і Co (3,70 мг/кг), ніж в лісостепній – Al – 0,62 мг/кг і Co – 3,35. Тут слід відзначити, що концентрація Al збільшується к югу в степах більше ніж в



**Рис. 5** – Зависимость среднего гармонического значения концентрации Fe (а), Mn (б), Zn (в) (мг/кг) в продуктах питания растительного происхождения фактора «Природная зона»



**Рис. 6** – Зависимость среднего гармонического значения концентрации Cu (а), Ni (б), Pb (в) (мг/кг) в продуктах питания растительного происхождения от фактора «Природная зона»

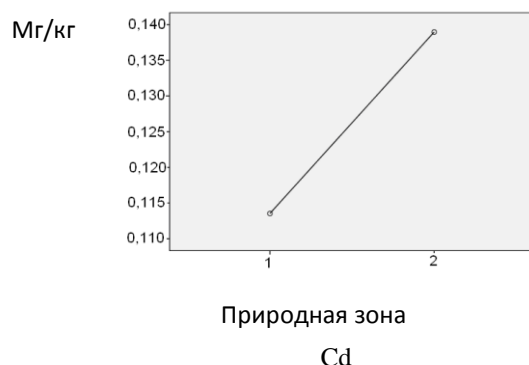


**Рис. 7** – Зависимость среднего гармонического значения концентрации Al (а), Co (б), Cr (в) (мг/кг) в продуктах питания растительного происхождения от фактора «Природная зона»

2 раза. Концентрация Cr имеет противоположную тенденцию – в лесостепной зоне она составляет 0,52 мг/кг, что на 0,03 мг/кг больше, чем в продукции, выращенной в степи.

Рисунок 8 свидетельствует о том, что концентрация Cd в растительных продуктах степной и лесостепной природных зонах 0,14 мг/кг и 0,113 мг/кг соответственно, отличается незначительно.

Полученные значения показывают, что тенденция к накоплению в растительных продуктах питания Fe, Zn, Mn, Ni, Pb, Al, Cu, Co, Cd проявляется выше в степной природной зоне (точка с наибольшим значением среднего гармонического значения на уровне категориальной переменной 2 – «степная природная зона»). Исключение составляет Cr, концентрация которого в продуктах питания растительного происхожде-



**Рис. 8** – Залежність середнього гармонічного значення концентрації Cd (мг/кг) в продуктах питания растительного происхождения фактора «Природная зона»

ня вище в лесостепной природной зоне (рис. 7 (в)).

На третьем этапе исследования фактором  $A_j^3$  был «Уровень загрязнения поверхностных вод», изменяющийся на 4-х уровнях:  $A_1^3$  – незначительный;  $A_2^3$  – относительно незначительный;  $A_3^3$  – относительно значительный;  $A_4^3$  – значительный.

Схема проведения третьего этапа исследования и анализа результатов аналогична первому и второму исследованиям. В таблице 4 представлены результаты проведения теста Левине.

Полученный результат свидетельствует о том, что выборочные дисперсии в группах отличаются незначимо для Fe, Al, Cr, Cd. Для остальных металлов выборочные дисперсии в группах отличаются значимо ( $p > 0,05$ ).

**Таблица 4**

#### Критерий Левине проверки равенства дисперсий

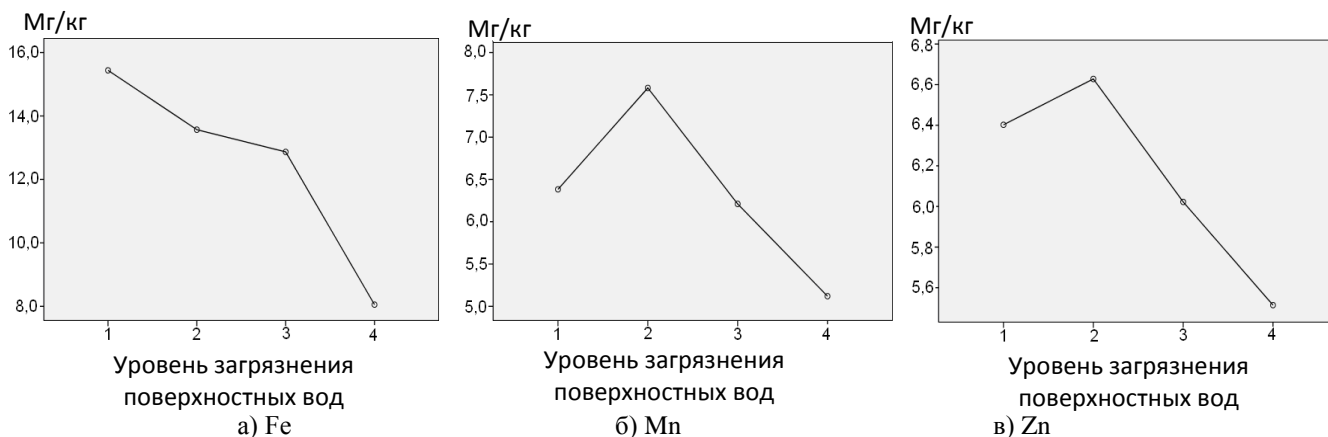
Исследуемый металл	W	df1	df2	p
Fe	2,408	3	266	0,068
Mn	1,020	3	266	0,034
Zn	2,449	3	266	0,044
Cu	1,746	3	266	0,008
Ni	4,687	3	266	0,003
Pb	2,085	3	266	0,002
Al	3,621	3	266	0,084
Co	5,352	3	266	0,001
Cr	12,388	3	266	0,061
Cd	6,717	3	266	0,051

Результаты проведения дисперсионного анализа показывают значимое влияние фактора «Уровня загрязнения поверхностных вод» на концентрацию в продуктах питания растительного происхождения Fe, Al, Cr, Cd и незначимое влияние оказывает загрязнение поверхностных вод на содержание Mn, Cu, Ni, Co, Pb, Zn.

На рисунках 9 – 12 приведены зависимости среднего гармонического значения концентрации микроэлементов в продуктах питания растительного происхождения от фактора «Уровень загрязнения

поверхностных вод», где по оси абсцисс – категориальная переменная фактора  $A_j^3$  «Загрязнение поверхностных вод» (1 – незначительный, 2 – относительно незначительный, 3 – относительно значительный, 4 – значительный), по оси ординат – среднее гармоническое значение концентрации металла в растительной продукции (мг/кг).

Рисунок 9 свидетельствует о высокой концентрации Fe (15,7 мг/кг) в растительной продукции при условии *незначительного* загрязнения поверхностных вод.



**Рис. 9** – Зависимость среднего гармонического значения концентрации Fe (а), Mn (б), Zn (в) (мг/кг) в продуктах питания растительного происхождения от фактора «Уровень загрязнения поверхностных вод»

Самая низкая концентрация Fe (8,0 мг/кг) наблюдается при условии *значительного* загрязнения поверхностных вод. В этом случае можно предположить, что мощный поверхностный сток, с которым загрязнения попадают в поверхностные воды, выносит в значительном количестве Fe из почвы и соответственно он не накапливается в растительной продукции.

Такие химические элементы как Mn (7,5 мг/кг) и Zn (6,6 мг/кг) способны накапливаться в растительной продукции при условии *относительно незначительного* загрязнения поверхностных вод. Низкая концентрация Mn (5,0 мг/кг) и Zn (5,5 мг/кг) в продуктах растительного происхождения наблюдается при условии *значительного* загрязнения поверхностных вод. Здесь наблюдаются аналогичные тенденции, что и с Fe.

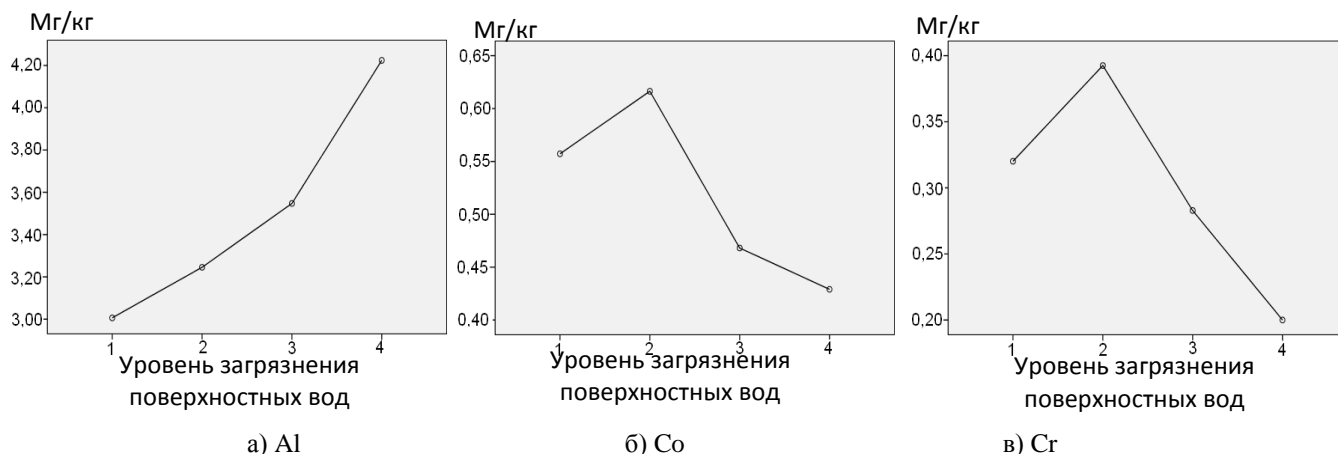


**Рис. 10** – Зависимость среднего гармонического значения концентрации Cu (а), Ni (б), Pb (в) (мг/кг) в продуктах питания растительного происхождения от фактора «Уровень загрязнения поверхностных вод»

Как видно из рисунка 10 Cu (2,50 мг/кг) меньше всего накапливается при условии *относительно незначительного* загрязнения поверхностных вод, а больше всего (2,95 мг/кг) при условии *значительного* загрязнения поверхностных вод.

Химический элемент Ni способен больше всего (0,65 мг/кг) накапливаться в продуктах растительного происхождения при условии *относительно значительного*

загрязнения поверхностных вод, меньше всего Ni (0,40 мг/кг) накапливается в растительной продукции в условиях *значительного* загрязнения поверхностных вод. Тенденции концентрации Ni в растительных продуктах схожи с Fe, Mn и Zn. Это же можно сказать и о Pb. Он больше всего (0,80 мг/кг) накапливается в растительной продукции при условии *относительно незначительного* загрязнения поверхностных вод, а меньше



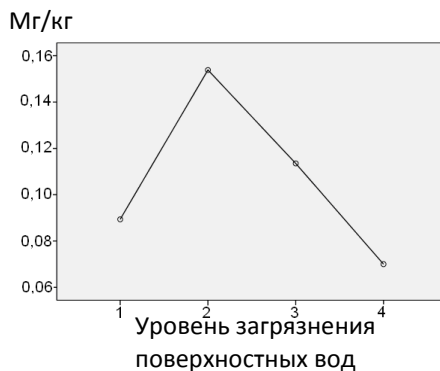
**Рис. 11** – Зависимость среднего гармонического значения концентрации Al (а), Co (б), Cr (в) (мг/кг) в продуктах питания растительного происхождения от фактора «Уровень загрязнения поверхностных вод»

всего (0,55 мг/кг) Pb накапливается при условии *значительно* загрязнения поверхностных вод.

Самая низкая концентрация Al (3,0 мг/кг) в продуктах растительного происхождения наблюдается в условиях *незначительного* загрязнения поверхностных вод, способность к интенсивному накоплению Al (4,20 мг/кг) в растительной продукции

наблюдается при условии *значительного* загрязнения поверхностных вод.

Co (0,62 мг/кг) и Cr (0,40 мг/кг) активно накапливаются в растительной продукции при условии *относительно незначительного* загрязнения поверхностных вод, меньше всего Co (0,45 мг/кг) и Cr (0,20 мг/кг) накапливаются при условии *значительного* загрязнения поверхностных вод.



Cd

**Рис. 12** – Зависимость среднего гармонического значения концентрации Cd (мг/кг) в продуктах питания растительного происхождения от фактора «Уровень загрязнения поверхностных вод»

Способность Cd к накоплению в продуктах растительного происхождения высокая (0,15 мг/кг) при условии *относительно незначительного* уровня загрязнения по-

верхностных вод. Меньше всего Cd (0,07 мг/кг) накапливается в растительной продукции при условии *значительного* загрязнения поверхностных вод.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, с помощью дисперсионного метода установлены закономерности накопления микроэлементов в растительной продукции в зависимости от поч-

венного разнообразия, природной зоны, а также от уровня загрязнения поверхностных вод.

В зависимости от почвенного

разнообразия было установлено:

- наибольшая способность к накоплению Ni в продуктах растительного происхождения проявляется при их выращивании на серых лесных почвах;
- растительной продукции больше всего накапливается Mn, Cu, Co, Cr, Cd на черноземах оподзоленных и типичных в отличие от черноземов обыкновенных и серых лесных.
- Fe, Zn, Pb и Al могут активно накапливаться при условии выращивания растительной продукции на черноземах обыкновенных.

В зависимости от влияния природной зоны на химический состав растительной продукции было установлено, что в продуктах растительного происхождения, выращенных в степной природной зоне, активнее, чем в лесостепной зоне накапливаются Fe, Zn, Mn, Ni, Pb, Al, Cu, Co, Cd. Накопление Cr в растительной продукции ярко выражено в лесостепной зоне.

В зависимости от уровня загрязнения поверхностных вод:

- Fe активно накапливается при условии незначительного загрязнения поверхностных вод;
- Mn, Co, Cd и Cr активно накапливаются в продуктах растительного происхождения в условиях относительно незначительного загрязнения поверхностных вод;
- Zn, Ni, Pb накапливаются в растительной продукции при условии относительно значительного загрязнения поверхностных вод;

Al и Cu активнее всего накапливаются в растительной продукции в условиях значительного загрязнения поверхностных вод.

В целом, значительное загрязнение поверхностных вод говорит о том, что химические элементы с поверхностным стоком вымываются из почв, что в свою очередь способствует снижению показателей транслокации и концентрации микроэлементов в растительной продукции, выращенной на этих почвах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Загрязнение воздуха и жизнь растений/ Под ред. М. Трешоу. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 535 с.
2. Некос А. Н. Трофогеографія: сучасні дослідження та перспективи розвитку. (результати дисперсійного аналізу впливу природних факторів на хімічний склад рослинної продукції) / А. Н. Некос, О. В. Висоцька, А. П. Порван, П. В. Семибратова // Вісник Чернівецького національного університету. Секція географія. – Чернівці: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича. – 2012 р. (у друку).
3. Орлова И. В. Многомерный статистический анализ в экономических задачах: компьютерное моделирование в SPSS. / И. В. Орлова, Н. А. Концевая, В. Турундаевский. – М.: Вузовский учеб. 2009. – 320 с.
4. Таганов Д. SPSS: статистический анализ в маркетинговых исследованиях. / Д. Таганов. – СПб: «Питер», 2005. – 192 с.
5. Некос А. Н. Трофогеографія – місце у системі географічних наук./ А. Н. Некос // Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. Сер.: География – Симферополь: Таврический национальный университет имени В. И. Вернадского, 2008. – Т. 21 (60). - №2. – С. 176 – 182.

Надійшла до редколегії 22.02.2012

