

38. Багорка М. О., Юрченко Н. І. Проблеми та перспективи екологізації сільськогосподарського виробництва для відтворення сталих екосистем. С. 10–17. URL: <https://dSPACE.organic-platform.org/xmlui/handle/data/441> (дата звернення: 27.03.2023).

39. Ткаченко А. С. Стан та перспективи органічного сільського господарства в регіонах України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 2. С. 49–54.

40. Попова О. Л. Сталий розвиток агросфери України: політика і механізми : монографія. Київ: Ін-т екон. та прогнозув. НАН України. 2009. 352 с.

УДК 504.75:504.054

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.62>

ОСОБЛИВОСТІ МОНІТОРИНГУ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В ҐРУНТАХ І ВОДАХ РЕГІОНУ КАМ'ЯНЦЯ-ПОДІЛЬСЬКОГО

Крачан Т.М. – к.х.н.,

в. о. завідувача кафедри хімії,

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Терещенко С.В. – асистент кафедри хімії,

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Трофімова Л.С. – магістр хімії, асистент кафедри хімії,

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Проведення моніторингу екологічного стану місцевості передбачає визначення методичних підходів, які будуть використані в дослідженнях, практичного проведення вимірювань вмісту основних видів забруднень в ґрунтах, атмосферному повітрі, природних водоймах та аналітичного аналізу отриманих даних. Здійснена на основі зазначених теоретичних і методологічних підходів експертна оцінка екологічної ситуації в регіоні є необхідною складовою подальшого запобігання несприятливому впливу антропогенної діяльності на стан навколишнього природного середовища і здоров'я людей. За результатами проведених оцінок та моніторингу проводять ретельний аналіз поточного стану довкілля, що дає змогу розробки адекватних природоохоронних заходів, оцінки їхньої ефективності і у майбутньому, для прогнозу розвитку негативних змін навколишнього середовища та екологічних ситуацій. На теперішній час оцінка стану навколишнього середовища та природних ресурсів вимагає суттєвого вдосконалення на усіх рівнях, зокрема й загальнодержавному і регіональному, щоб мати засоби запобігання виникнення небезпечних екологічних ситуацій. У пропонуваній роботі проведено аналіз та узагальнення за результатами порівняння вмісту та рівня забрудненості ґрунтів та вод в межах Хмельницької області. Рівень викидів стічних вод та забрудненості ґрунтів чітко корелюють одне одному. В межах Хмельницької області усереднені показники рівня забрудненості не перевищують існуючих вимог Державних санітарних правил і норм по гранично допустимих концентраціях (ГДК). Проте в певних регіонах відбувається підвищення вмісту важких металів, що визначається передусім наявними підприємствами-забрудниками. Розглянуто фактори, що визначають можливий механізм здійснення трансформації металів у ґрунтах. Проведено фотокolorиметричне визначення металів у питній воді і показано, що їхній вміст перебуває у межах ГДК.

Ключові слова: моніторинг, екологічна оцінка, ґрунти, важкі метали, ГДК – гранично допустима концентрація.

Krachan T.M., Tereshchenko S.V., Trofimova L.S. Monitoring of the content of heavy metals in the soils and waters of the region of Kamianets-Ppodilskyi

Monitoring of the ecological state of the area involves the determination of methodical approaches, which will be used in researches, practical measurements of the content of the main types of pollution in soils, atmospheric air, natural reservoirs and analytical analysis of the obtained data. An expert assessment of the ecological situation in the region conducted on the basis of the specified theoretical and methodological approaches is a necessary component of further prevention of the adverse impact of anthropogenic activity on the state of the natural environment and human health. Based on the results of the evaluations and monitoring, a thorough analysis of the current state of the environment is carried out, which enables the development of adequate environmental protection measures, the evaluation of their effectiveness in the future, and the forecast of the development of negative changes in the environment and ecological situations. Currently, the assessment of the state of the environment and natural resources requires significant improvement at all levels, including national and regional, in order to have the means to prevent the occurrence of dangerous environmental situations. In the proposed article, an analysis and generalization were carried out based on the results of a comparison of the content and level of soil and water pollution within the Khmelnytskyi region. The level of wastewater emissions and soil pollution are clearly correlated to each other. Within the boundaries of Khmelnytskyi region, the average indicators of the level of pollution do not exceed the existing requirements of the State Sanitary Rules and norms for maximum permissible concentrations. However, in certain regions there is an increase in the content of heavy metals, which is primarily determined by existing polluting enterprises. Factors determining the possible mechanism of transformation of metals in soils are considered. Photocolorimetric determination of melales in drinking water was carried out and it was shown that their content is within the limits of maximum permissible concentrations.

Key words: monitoring, ecological assessment, soils, heavy metals, maximum permissible concentration.

Постановка проблеми. Здійснення моніторингу екологічних оцінювань передбачає вивчення методичних підходів до практичного проведення екологічного дослідження, аналітичного дослідження вмісту основних видів забруднень в ґрунтах, атмосферному повітрі та природних водоймах. Моніторинг стану та об'єктів довкілля здійснюється на різних рівнях, у тому числі локальному, в межах певного визначеного регіону та загальнодержавному. За звичайних умов стану довкілля, моніторинг проводиться державними структурами, які охоплюють усі регіони із невисоким ступенем техногенного навантаження на довкілля місцях компактного проживання людей та підприємства, що є в місцях розташування потенційно екологічно небезпечних природних і техногенних об'єктів і здійснюють діяльність в межах та відповідно до вимог чинного законодавства.

Враховуючи суттєве погіршення стану природного навколишнього середовища останніми роками, виникає необхідність своєчасної адекватної оцінки антропогенного впливу на довкілля і впровадження певних заходів із попередження та усунення можливих негативних впливів. Аграрний сектор нашої держави потребує фахівців, які б володіли методиками проведення екологічних оцінок впроваджуваних проєктів, сучасними методами агроекологічного моніторингу і мали змогу оперувати основними принципами розробки заходів ефективного землекористування [1].

Постановка завдання. Дослідження кількісного складу та рівня забрудненості ґрунтів та вод Хмельниччини металами, у тому числі і важкими. Кореляція вмісту цих металів в ґрунтах та водах різного призначення. Для проведення роботи нами здійснено порівняльний аналіз вмісту та рівня забрудненості ґрунтів та вод в межах Хмельницької області; експериментальне визначення за допомогою фізико-хімічних методів дослідження вмісту окремих катіонів у питній природній воді приватного сектора м. Кам'янець-Подільського, систематизація та узагальнення результатів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Кінець 20-го століття ознаменувався наявністю значної кількості прикладів негативного впливу на біосферу різноманітних антропогенних чинників. Вагомими сигналами несприятливого становища навколишнього природного середовища та антропогенної діяльності були наявні екологічні катастрофи, за яких стан довкілля стрибкоподібно змінювався на вкрай несприятливий. Однак, на думку [1], головна небезпека для людства полягає не в окремих екологічних катастрофах, якими б трагічними вони не були, а в поступовій деградації природного середовища під впливом немовби малопомітних результатів виробничої діяльності.

Унаслідок розробки гірських порід, нафти та газу, інших корисних копалин, заповнення водосховищ, наповнення пластів гірських порід промисловими стічними водами або відкачування таких вод, почали реєструватися різноманітні техногенні явища. Середовище, що нас оточує, стає все більш ненадійним [2].

Забруднення ґрунтів полягає в тому, що до них надходять нові, непритаманні їм речовини, або відбувається поселення та розмноження в них нових мікроорганізмів. Унаслідок забруднень та деградації ґрунтів стала можливою втрата їхньої основної властивості – родючості. Серед факторів деградації ґрунтів виділяють знищення екосистем, у межах яких формувалася даний тип ґрунту; забруднення промисловими, сільськогосподарськими та побутовими відходами; зміни кліматичних показників.

На відміну від інших компонентів довкілля, ґрунти, не тільки геохімічно акумулюють забруднюючі елементи, але й виступають у ролі природного буферу і контролюють перенесення хімічних елементів та їхніх сполук в компоненти біосфери, у тому числі і живі організми [3].

Залежно від регіону та умов господарювання на перший план у деградації ґрунтового покриву може висуватися будь-який із цих факторів. Антропогенне забруднення привело до залучення в планетарні біогеохімічні цикли значної кількості сторонніх для них речовин, головним чином, металів [4]. Важкі метали посідають особливе місце серед тих речовин, які забруднюють навколишнє середовище. У біогеохімічні цикли щорічно надходить, близько $4 \cdot 10^9$ тонн заліза, 10^8 тонн алюмінію, $3 \cdot 10^5$ тонн свинцю, $2 \cdot 10^3$ тонн кадмію [5]. До них додаються різноманітні органічні та неорганічні ксенобіотики.

Найбільш токсичними для ґрунту є ртуть, свинець, кадмій, берилій, хром, нікель, кобальт. Токсичними також є германій, олово, вольфрам, молібден, літій, вісмут, марганець, мідь, миш'як, селен, алюміній. За підвищених концентрацій ці метали здатні завдати біологічної шкоди усім живим організмам. Зокрема, за вмісту алюмінію, головним джерелом надходження якого в ґрунт є алюмінієве начиння, деякі медичні препарати, більше ніж 10 мг/л, розвивається хвороба Альцгеймера. Європейське щоденне споживання алюмінію в їжі оцінюють у межах 7–9 мг/добу для дорослої особи. Чотиривалентний хром, що утворюється як продукт відходів гальванічних виробництв, шкідливий для сечовидільної та дихальної системи. Токсичний вплив Кадмію полягає у враженні печінки, виникленні гіпертонії, а у випадку підвищених концентрацій канцерогенна дія [6; 7].

Україна є одним із тих регіонів планети, де рівень антропогенного забруднення середовища досить високий [8]. У різних регіонах країни, залежно від наявних господарських форм, природне середовище значно забруднене викидами шкідливих речовин в атмосферу і водойми, накопичення залишків мінеральних добрив і пестицидів у ґрунтах. Тут же, як правило, унаслідок високої розораності земель сильно розвинені ерозійні процеси.

Сьогодні Україна має статус держави, що володіє одним з найбільших резервів родючих ґрунтів, і, як наслідок, мала б стати одним лідерів у світі за рівнем виробництва високоякісних продуктів харчування. Значні можливості нашої держави були показані в період активного розвитку агропромислового розвитку, коли продуктивність аграрного виробництва зростала досить високими темпами. Були здійснені широкомасштабні заходи з хімічної меліорації ґрунтів, значно збільшено дозування органічних та мінеральних поживних речовин, що значно покращило стан родючості ґрунтів. Проте, на початку 90-х років минулого століття, об'єм робіт з метою подальшого підвищення продуктивності ґрунтів, суттєво зменшились. Окрім того, внаслідок масштабного рівня розораності земель України та значним техногенним навантаженням, спостерігалась активізація деградаційних процесів. Ці фактори посприяли тому, що було зафіксовано значний рівень виснаження ґрунтів. В агроекосистемах формувався стійкий дисбаланс гумусу, та макроелементів, зокрема, Фосфору і Калію. Таким чином, проблеми екологічного характеру вийшли за межі аграрного сектора й набули загальнодержавного масштабу.

Щодо механізмів трансформації важких металів у ґрунтах та форм їхніх сполук, існує декілька підходів. Автори [9] стверджують, що при потряплянні важких металів у ґрунт, першочергово відбувається їхнє закріплення у верхніх гумусових шарах. Відбувається сорбція важкого металу на поверхні ґрунтових частинок, зв'язування із органічними речовинами ґрунту у вигляді елементоорганічних сполук, акумулювання у гідроксидах заліза, включення у склад кристалічних ґраток глинистих мінералів, формування власних мінералів, як наслідок ізоморфного заміщення, розчинення у ґрунтових водах і у ґрунтовому повітрі.

Згідно роботи [3], виділяють два типи сполучень метал-ґрунт за міцністю їхнього зв'язку з ґрунтовими компонентами. Група неміцно зв'язаних – включає важкі метали, що зперебувають в обмінному і специфічно сорбованому стані на поверхні ґрунтових частинок. До складу таких сполук відносять ті, що мають можливість міграції у суміжні середовища, окрема у рослинні організми і є найбільш важливими з екологічного боку. Група міцно пов'язаних сполук включає важкі метали, що є добре закріплені в структурах мінералів, а також входять як елементи включення до складу важкорозчинних солей і стійких органічних сполук.

На ступінь утримання таких металів впливають процеси сорбції-десорбції, йонний обмін та комплексоутворення. Основним фактором для зазначених процесів є розмір поверхні частинок, спорідненість до поглинутого елемента. У випадку міцно-зв'язаних сполук, мається на увазі явища оклюзії чи ізоморфного заміщення при формуванні осаду важкорозчинних сполук. Такі процеси потребують значної енергії, і вивільнення металу у випадку цих сполук відбувається з порівняно малою швидкістю. На процеси осадження та формування окремих фаз має вплив рівень рН середовища, і концентрація іонів, що вступають в реакцію, для інших процесів – розмір і якість поверхні частинок і внутрішньоструктурної організації мінералів [3].

Рухливі сполуки хімічних елементів у ґрунтах є найбільш вагомою групою речовин, внаслідок того вони обумовлюють можливість виконання ґрунтом його обмінних функцій. Для отримання адекватної оцінки рівня забруднення необхідно вивчити зміст і співвідношення цих рухомих (трансформаційних) форм. Відносно невелику частину від загальної кількості металів у ґрунті становлять водорозчинні та обмінні форми Утримувачами важких металів є переважно органічні речовини і несилікатні мінерали Феруму, Мангану, Алюмінію. Глинисті мінерали мають найбільшу спорідненість до обміну катіонів внаслідок утворення сполук включення [3].

Результати досліджень. Згідно численних досліджень, що відображають аналіз стану ґрунтів України, ступінь їхнього забруднення в багатьох регіонах небезпечно зростає [10; 11]. В даному випадку має місце техногенне забруднення сільськогосподарських ґрунтів викидами промислових підприємств. Особливо воно виявляється у східних областях України. Внаслідок антропогенного впливу триває процес безперервного погіршення якості ґрунтів та зниження їхньої родючості. За результатами досліджень рівня важких металів у ґрунтах Хмельниччини в період 20–22 року (табл. 1) [12], та при порівнянні із дослідженнями 2019 року (вміст Pb^{2+} 0,66 мг/кг, Cd^{2+} –0,08 мк/кг (ГДК – 0,6 мк/кг) спостерігаються незначні зміни у показниках.

Таблиця 1

**Вміст важких металів у зразках ґрунтів Хмельниччини
в період 2020–2022 років [12]**

Катіон	ГДК	2020	2021	2022
Pb^{2+}	6,0 мк/кг	0,67 – 0,99 мг/кг	0,61–1,35 мг/кг	0,61–1,35 мг/кг
Cd^{2+}	0,6 мк/кг	0,08– 0,12 мг/кг	0,08– 0,11 мг/кг	0,08– 0,11 мг/кг
Zn^{2+}	3,0 мк/кг	0,22 мг/кг	0,49 мг/кг	0,49 мг/кг
Cu	23,0 мк/кг	0,53 мг/кг	0,22 мг/кг	0,22 мг/кг

Природні процеси вивітрювання гірських порід, діяльності вулканів, ерозії ґрунтів є одними із джерел потрапляння важких металів у води. Суттєве ж забруднення води важкими металами відбувається внаслідок діяльності людини, що включає викиди промислових підприємств. Важкі метали входять до складу добрив і пестицидів і можуть потрапити у водойми разом зі стоками із сільськогосподарських угідь. Стічні води гальванічних виробництв, що функціонують в межах вказаного регіону, також містять розчинені солі важких металів (Феруму, Ніколу, Цинку, Купруму, Хрому тощо).

В Україні придатність води для господарсько-питних цілей визначається за низкою фізичних, хімічних і бактеріологічних характеристик і регламентується Державними санітарними правилами і нормами «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання». Вимоги, що визначають придатність води для питних цілей, включають: безпеку в епідемічному відношенні; нешкідливість хімічного складу; сприятливі органолептичні властивості; радіаційну безпеку.

Основним показником, що зумовлює використання води для тих чи інших народногосподарських цілей є ступінь загальної мінералізації вод. Води з вмістом солі до 1 г/л широко використовуються для питного водопостачання та зрошування; води, мінералізація яких значно перевищує 1 г/л, застосовуються як мінеральні лікувальні, з високомінералізованих вод видобуваються різні солі [13].

Придатність води для господарсько-питних цілей визначається за низкою фізичних, хімічних і бактеріологічних характеристик і регламентуються Державними санітарними правилами і нормами [14] «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. ДСТУ 7525:2014». В документі викладені вимоги до якості питної води, процедуру виробничого контролювання якості води нецентралізованого питного водопостачання та порядок оцінювання результатів дослідження.

На сьогодні перелік показників якості для цього типу водокористування сягає кількох сотень і в різних країнах існують різні підходи до визначення стандартів

якості. На даний момент існує кілька світових організацій, що займаються проблемами стандартизації води.

Всесвітня Організація Охорони Здоров'я (World Health Organization) – це спеціалізована установа Організації Об'єднаних Націй, основна функція якого полягає у вирішенні міжнародних проблем охорони здоров'я й охорони здоров'я населення». Керівництво з контролю якості питної води», випущене цією організацією в 1984 р. (переглянуте та доповнене в 1992 р.) є основним стандартом, на підставі якого розробляються нормативи багатьох держав. Агентство з охорони навколишнього середовища США (US Environment Protection Agency) – урядова установа США, в завдання якого входить захист здоров'я населення та охорона навколишнього середовища. Цим агентством був розроблений Федеральний стандарт якості питної води США. Директива Європейського Співтовариства (European Community, EC), що стосується «якості води, призначеної для споживання населенням» (80/778/ EC) була прийнята Європейською Радою 15 липня 1980 р. Більш відомий під назвою «Директива по питній воді» (Drinking Water Directive), цей документ є базовим для водного законодавства європейських країн – членів ЄС.

Згідно [12], водні ресурси Хмельщини представляють собою поверхневі і підземні води, що придатні для використання в народному господарстві і становлять за середніми показниками 2,1 млрд м³/рік та 720 тис. м³/рік відповідно. Є низка підприємств, що мають найбільший рівень користування поверхневими та підземними водами, відтак є основними заюряднювачами водних об'єктів. За розподілом в межах окремих галузей, найбільша частка припадає на електроенергетичну, житлово-комунальну та аграрну, причому, саме житлово-комунальна відводить в зворотньому порядку найбільше за показниками ступеня забрудненості вод. В розрізі окремих металів-забрудників, показники вмісту відображено в табл. 2.

Таблиця 2

Кількість металів скинутих в якості зворотних вод Хмельниччини в період 2019–2021 років [12].

Катіон	2021	2020	2019
Fe ²⁺	4,662 тон	5,291 тон	6,246 тон
Cr ⁶⁺	0,001 тон	0,001 тон	0,002 тон
Zn ²⁺	0,108 тон	0,110 тон	0,159 тон
Cu	0,136 тон	0,137 тон	0,174тон

Як бачимо, за усередненими показниками, спостерігається певна тенденція до зменшення вмісту металів у стічних водах, що може мати позитивне відображення на екологічному стані регіону. Проте, в окремих випадках є завищений вміст певних важких металів, залежно від промислової підприємств в межах регіону. У поверхневих водах басейну р. Дністер, на відміну від даних про інші річкові басейни Хмельниччини вміст усіх показників важких металів, по яких проводилися спостереження, протягом 2020 року знаходилися в межах норм.

Для дослідження взаємних впливів вмісту металів у ґрунтах та стічних водах на стан питної води регіону Кам'янця-Подільського нами було проведено аналіз вмісту деяких металів у зразках проб питної води.

Вміст Феруму визначали фотоколориметрично з сульфосаліциловою кислотою. Для визначення користувались методикою, описаною в ГОСТ 4011-72. Вміст Купруму визначали фотоколориметрично з диетилдитіокарбаматом натрію.

Для визначення користувались методикою, описаною в ГОСТ 4388-72. Вміст Алюмінію визначали фотоколориметрично з алюміноном. Для визначення користувались методикою, описаною в ГОСТ 18165-89. Вміст Хрому (6) визначали фотоколориметрично з 1,5-дифенілкарбазидом. Для визначення користувались методикою, описаною в ГОСТ 31956-2012 [15]. Результати досліджень концентрації металів в пробах природної питної води відображено в табл. 3.

Таблиця 3

**Вміст металів в пробах природної питної води
м. Кам'яця-Подільського**

Катіон	проба 1		проба 2		ГДК
	оптична густина D	вміст	оптична густина D	вміст	
Fe ²⁺	0,01	< 0,1 мг/дм ³	0,011	< 0,1 мг/дм ³	2,0 мг/дм ³
Cr ⁶⁺	0,04	< 2 мг/дм ³	0,038	< 2 мг/дм ³	50 мг/дм ³
Al ³⁺	0,010	< 0,04 мг/дм ³	0,011	< 0,04 мг/дм ³	0,56 мг/дм ³
Cu ²⁺	0,005	< 0,02 мг/дм ³	0,0052	< 0,02 мг/дм ³	0,6 мг/дм ³

За одержаними результатами рівень металів у питній воді перебуває у межах встановлених Державними санітарними правилами і нормами.

Висновки. В даній роботі проведено аналіз та узагальнення за результатами порівняння вмісту та рівня забрудненості ґрунтів та вод в межах Хмельницької області. Найчастіше ґрунт забруднюється сполуками металів і органічними речовинами. Потрапляючи у ґрунт, важкі метали постійно мігрують, переходячи в ту, чи іншу форму хімічних сполук. Одна частина піддається гідролізу, інші можуть утворювати важкорозчинні сполуки та закріплюватися у ґрунтового середовищі. Причому в процесах акумуляції та трансформації металів приймають участь усі види сорбційної здатності ґрунтів.

Механізм здійснення процесу трансформації важких металів в ґрунтах досить складний і має залежність від багатьох факторів, зокрема, від природи самого металу, властивостей середовища ґрунту та наявних у ньому речовин. Виявлення закономірностей дасть змогу прогнозувати процеси трансформації важких металів на мати вплив на екологічні показники ґрунту. Можна охарактеризувати результати досліджень рівня важких металів у ґрунтах Хмельниччини, як досить оптимістичні, адже жоден із них не досяг рівня ГДК.

Під впливом природних процесів у ґрунтах та антропогенної діяльності людини відбувається забруднення поверхневих вод, що також має своє відображення в екологічній карті регіону. Як і очікується, найбільш забрудненими є води регіонів з значною концентрацією промислових та аграрних підприємств. Протягом останніх років простежується тенденція до зменшення викидів металів, тож прогнозується і зменшений їхній вміст в питній воді регіону. Дійсно, експериментальне визначення за допомогою фотоколориметричного методу дослідження вмісту катіонів Феруму, Купруму, Алюмінію, Хрому (6) у питній природній воді приватного сектора м. Кам'яця-Подільського вказало на відповідність одержаних результатів діючим вимогам Державних санітарних правил і норм.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Плешаков А.А. Екологічні проблеми і початкова школа. *Початкова школа*. 2001. № 5. С. 2–8.
2. Білявський Г. О., Бутченко Л. І. Основи екології: теорія та практикум : навч. посіб. Київ : Лібра, 2006. 368 с.
3. Важкі метали у компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь (еколого-геохімічні аспекти) / С.П. Кармазиненко, та ін. К. : Інтерсервіс, 2014. 168 с.
4. Головатый С. Е., Жигарев П. Ф., Волкова Н. Д. Влияние загрязнения почв тяжелыми металлами на поступление в сельскохозяйственные культуры. *Вісник ДААУ*. 2000. С. 324–325.
5. Войтенко Л. В. Хімія з основами біогеохімії: навч. посіб. Київ : Наукова столиця, 2019. 400 с.
6. Желібо Є. П., Заверуха Н. М., Запарний В. В. Безпека життєдіяльності: навч. посіб. ; за ред. Є. П. Желібо. 6-е вид. Київ : Каравела, 2008. 344 с.
7. Тяжелые металлы в окружающей среде и их влияние на организм / Р. С. Гильденскиольт и др. *Гигиена и санитария*. 1992. № 5–6. С. 6–9.
8. Про основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки / Верховна Рада України. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/F980188>
9. Валерко Р. А. Забруднення важкими металами ґрунтового покриву і фітоценозів на території м. Житомира та прилеглих до нього агроєкосистем. *Вісник ДАЕУ*. 2008. № 1. С. 356–366.
10. Дмитрук Ю. М., Назаренко І. І., Тураш М. М., Назарок П. Г. Особливості вмісту та розподілу важких металів у ґрунтах. *Ґрунтознавство*. 2005. № 1–2, т. 6. С. 53–61.
11. Довбаш Н. І. Особливості накопичення та впливу важких металів на екосистему ґрунту. *Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 1–3 лип. 2014 р. Київ, 2014. С. 13.
12. Стан довкілля. *Хмельницька обласна військова адміністрація*. веб-сайт. URL: https://www.adm-km.gov.ua/?page_id=1625
13. Руденко Ф. А. Підземні води, їх походження та значення в народному господарстві. К. : Товариство «Знання» Української РСР, 1979. 48 с. URL : http://geoknigi.com/book_view.php?id=553
14. Хільчевський В. К., Осадчий В. І., Курило С. М. Основи гідрохімії : підручник. К. : Ніка-Центр, 2012. 312 с.
15. ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. [Чинний від 23 жовтня 2014 р.]. Київ, 2014. 28 с. (Інформація та документація). URL : https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/1-10672-dstu_voda_pytna.pdf.