

M. A. Zakharova, Cand. Sci. (Agric.)

*NSC «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research
named after O. N. Sokolovsky» e-mail: zakharova_maryna@ukr.net*

PECULIARITIES OF HEAVY METALS CONTENT IN IRRIGATED SOILS OF KHERSON REGION

*Peculiarities of heavy metals content in irrigated soils necessary to investigate through: their priority role in modern process of environmental pollution; environmental threat, even insignificant increase in their concentrations; shortage of data on their contents in soils of irrigated agricultural landscapes. **The aim of research** – to establish peculiarities of heavy metals content in irrigated soils of Kherson region. In conducting we have used the common in Ukraine **methods**: a field (method of keys - analogs) and laboratory (atomic-absorption method for heavy metals determination after extraction, ammonium acetate buffer $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ of pH 4.8). Research results are processed using methods of mathematical statistics, comparative, theoretical generalization. To assess the degree of soil contamination we have used the maximum permissible concentration content of heavy metals mobile forms according to SanPiN 42-128-4433. **Results.** Long-term (1996–2014) research for content of heavy metals mobile forms in Kherson region irrigated soils fulfilled. It was established the content of heavy metals mobile forms in the plow layer of soil corresponds background levels (deviation in smaller or larger side not more than 5 times); considerably lower than maximum permissible concentration; pollution category determined as acceptable. Peculiarities content of Pb mobile forms in soils after meliorative deep plowing were marked: its concentration higher than the analogs without deep plowing, almost equal to the maximum permissible concentration; pollution category determined as moderately dangerous. Reduction processes in soils with surface flooding rice checks contribute to the increase content of Fe and Mn mobile forms, lower than maximum permissible concentration. At low concentrations in soils of heavy metals mobile forms is important to research of plant micronutrients degree. In most of the arable layer of soil content of mobile forms of Zn, Co and Cu corresponding to low and middle-providing plants. This level of intensive farming conditions may adversely affect the quantity and quality of agricultural products. Irrigation and fertilizer caused trend of increasing concentrations of most heavy metals in the plow layer most researched soil; in soils of rice crop rotation – ucking the trend. The redistribution of heavy metals mobile forms and layers, leaching and accumulating in their contents in the profile of irrigated soils were offered. For irrigation observed increase of heavy metals mobile forms in the layer 0–75 cm soil profile. **Conclusions.** The prolonged irrigation with high quality waters and fertilizing in scientifically grounded doses don't result in polluting soils with heavy metals. Their deficiency, as physiologically valid microelements, becomes more actual.*

Keywords: *environmental problems, heavy metals, irrigated soils,*

irrigation waters, accumulation, plants quality.

УДК 631.416.8

М. А. Захарова, канд. с.-х. наук

*ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени А. Н. Соколовского»
e-mail: zakharova_maryna@ukr.net*

ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРОШАЕМЫХ ПОЧВАХ ХЕРСОНСКОЙ ОБЛАСТИ

Приведены результаты длительных исследований содержания подвижных форм тяжелых металлов (ТМ) в орошаемых почвах Херсонской области. Установлено, что содержание подвижных форм ТМ в пахотном слое большинстве исследуемых почв соответствует фоновому уровню (отклонение в меньшую или большую сторону не превышает 5 раз), значительно ниже установленных ПДК, категория загрязнения определяется как допустимая, обеспеченность растений микроэлементами – от низкой до средней степени. Для профильного распределения подвижных форм большинства металлов отмечено существование выщелоченных и аккумулятивных слоев. Орошение и внесение удобрений вызывают тенденцию повышения концентраций большинства ТМ в слое 0–30 см почти всех исследуемых почв.

Ключевые слова: *экологические проблемы, тяжелые металлы, орошаемые почвы, оросительные воды, аккумуляция, качество сельскохозяйственных растений.*

УДК 631.416.8

М. А. Захарова, канд. с.-г. наук

*ННЦ «Институт грунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»
e-mail: zakharova_maryna@ukr.net*

ОСОБЛИВОСТІ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ЗРОШУВАНИХ ҐРУНТАХ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Наведено результати тривалих досліджень умісту рухомих форм важких металів (ВМ) у зрошуваних ґрунтах Херсонської області. Установлено, що вміст рухомих форм ВМ в орному шарі більшості досліджуваних ґрунтів відповідає фоновому рівню (відхилення в менший або більший бік не перевищує 5 разів), значно нижче встановлених ГДК, категорія забруднення визначається як допустима, забезпеченість рослин мікроелементами – від низького до середнього ступеня. Для профільного розподілу рухомих форм більшості металів відмічено існування вилугуваного й акумулятивного шарів. Зрошення та внесення добрив у шарі 0–30 см майже всіх досліджуваних ґрунтів викликають тенденцію

підвищення концентрацій більшості ВМ.

Ключові слова: екологічні проблеми, важкі метали, зрошувані ґрунти, зрошувальні води, акумуляція, якість сільськогосподарських рослин.

Вступ. Складна екологічна ситуація, що склалася в Україні загалом і на зрошуваних землях, зокрема, потребує проведення заходів щодо її поліпшення, попередження можливих негативних впливів та здійснення моніторингових досліджень для науково обґрунтованого керування нею і прогнозування змін у майбутньому (Наукові основи..., 2009; Концепція відновлення..., 2014; Національна програма..., 2015). Необхідність екологічної безпеки під час експлуатації меліоративних систем закріплена на загальнодержавному рівні в Законі України “Про меліорацію земель” (ст. 30, розділ IX). На теперішній час одними з головних індикаторів антропогенного тиску на природне середовище стали важкі метали (ВМ). Техногенне надходження цих елементів в усі компоненти ландшафтів нині набуло глобального характеру і відчувається в планетарному масштабі. Нагальність досліджень поведінки ВМ у зрошуваних ґрунтах обумовлена їхньою пріоритетною роллю в сучасних процесах забруднення довкілля, екологічною небезпекою навіть незначного перевищення їх фонових концентрацій й існуючим дефіцитом даних щодо їхнього вмісту у ґрунтах зрошуваних агроландшафтів (Baliuk S.A., 2015).

У структурі земельного фонду Херсонської області зрошувані землі займають близько 22 %, що повинно було слугувати страховим фондом у продовольчому та ресурсному забезпеченні регіону в посушливі роки. Однак в останні роки фактично зрошується не більше 68 % (Концепція відновлення..., 2014), що свідчить про недостатнє використання наявного потенціалу зрошення. Порушення технологічної цілісності зрошувальних систем Херсонської області, спричинене розпаюванням земель, передачею внутрішньогосподарських систем у комунальну власність та на баланс фермерських і колективних підприємств за державної власності на міжгосподарську мережу, ускладнює не тільки їх експлуатацію, а й проведення комплексної оцінки їхнього сучасного еколого-агромеліоративного стану на підставі оцінки стану окремих компонентів зрошуваних агроландшафтів. Саме тому актуальним є проведення спеціальних досліджень умісту ВМ у ґрунтах зрошуваних агроландшафтів Херсонської області.

Мета досліджень – встановлення особливостей умісту важких металів у зрошуваних ґрунтах Херсонської області.

Об’єкти і методи досліджень. Виходячи зі значної актуальності досліджень у вказаному напрямі, ми провели комплексне вивчення вмісту важких металів у основних типах ґрунтів Херсонської області – чорноземи звичайні середньосуглинкові, чорноземи південні важкосуглинкові, чорноземи лучні слабкосолонцюваті (зрошувані – частково осолонцювані); темно-каштанові середньо- та важкосуглинкові і каштанові солонцюваті легкоглинисті ґрунти. Загальний уміст гумусу в орному шарі ґрунтів Херсонської області переважно у межах 1,4–2,9 %. Уміст легкогідролізованого азоту – у межах середнього і низького ступенів забезпеченості сільськогосподарських культур (переважно прямо

залежить від умісту гумусу і рівня агротехніки). Забезпеченість рухомими формами фосфору і калію переважно підвищена і висока, згідно з ДСТУ 4362–2004. Засолені і осолонцьовані ґрунти розповсюджені переважно на землях, де підґрунтові води залягають не глибше трьох метрів. Під час відбору проб ґрунту використовували метод ключів-аналогів. На типових за ґрунтово-меліоративними і господарськими умовами полях сівозмін зрошуваних, вилучених зі зрошення і прилеглих богарних земель відбирали зразки ґрунту шарами 0–25, 25–50, 50–75, 75–100 см, також у ключових ґрунтових розрізах глибиною 1,5–2,0 м відбір зразків ґрунту виконували відповідно до генетичних горизонтів. Проби ґрунту відбиралися згідно з ГОСТ 17.4.3.01-83 та ГОСТ 17.4.4.02-84 щорічно влітку впродовж 1996–2014 рр.

Уміст рухомих форм ВМ у ґрунті визначали атомно-абсорбційним методом на приладі С-115. Для екстракції використовували ацетатно-амонійний буферний розчин ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) з рН-4,8 за ДСТУ 4770.1:2007–4770.9:2007. Для оцінки ступеня забруднення ґрунту використовували гранично допустимі концентрації (ГДК) вмісту рухомих форм ВМ згідно з СанПиН 42-128-4433 та їх фоновий уміст (ВНД 33-5.5-06, 1999; СанПиН 42-128-4433, 1988). Рівень забезпеченості ґрунтів мікроелементами оцінювали відповідно до групування І. Г. Важеніна (за ВНД 33-5.5-06, 1999). Визначали уміст рухомих форм Zn, Cd, Ni, Co, Fe, Mn, Pb, Cu, Cr, тобто до досліджуваної групи металів включені як елементи – небезпечні токсиканти, так і мікроелементи.

Результати і обговорення. Тривалі (1996–2014 рр.) дослідження вмісту рухомих форм ВМ у зрошуваних ґрунтах Херсонської області засвідчили, що амплітуда коливань їх граничних значень у межах одного типу ґрунту незначна і для більшості не перевищує 1,7–3,5 разів (Zn, Cd, Ni, Co, Fe, Mn і Cu), лише вмісту Pb властиві значні розходження між мінімальними і максимальними значеннями – 2,0–10,0 рази. Уміст рухомих форм більшості ВМ в орному шарі відповідає фоновому рівню: Zn, Ni, Co, Fe, Mn, Cu переважно нижче нього (у 1,1–2,5, максимальна – 4,3 рази), а Cd, Cr – вище (у 1,2–3,0 рази) і значно нижче встановлених для них гранично допустимих концентрацій (ГДК). Середній уміст рухомих форм Pb у більшості ґрунтів вище фонового у 2–5 разів і значно нижчий за ГДК. Категорія забруднення всіх досліджуваних зрошуваних і богарних ґрунтів за сумарним показником забруднення визначається як допустима $Z_c=3-11$. Під час проведення обстеження було відмічено особливості вмісту рухомих форм Pb у плантажованих каштанових солонцюватих ґрунтах, порівняно з їх неплантажованими аналогами (Балюк С. А., 2014) – більш значне перевищення фонового вмісту – у 7–9 разів, наближення концентрацій до ГДК, що спричинило збільшення категорії забруднення плантажованих ґрунтів до помірно небезпечної $Z_c=16-19$. Слід також окремо відзначити значне збідніння на рухомі форми більшості ВМ (за виключенням Fe та Mn) орного шару каштанового солонцюватого ґрунту, який використовувався у рисовій сівозміні (Досліди Інституту Рису НААН): уміст елементів нижчий фонового у 2–10 разів, значно нижчий за ГДК (Рекомендації ..., 2013). Через відновлювальні процеси у результаті поверхневого затоплення рису в ґрунтах рисових чеків відзначено високий вміст Fe та Mn, без перевищення ГДК. Традиційно вважається, що ґрунти акумулятивного типу ґрунтоутворення мають оптимальний уміст і співвідношення мікроелементів.

Однак у наших дослідженнях відзначено, що в орному шарі більшості вивчених ґрунтів за шкалою І. Г. Важеніна вміст Zn відповідає низькій забезпеченості рослин, Co – середній, а Cu і Mn – коливається від низької до середньої; в орному шарі каштанового солонцюватого ґрунту (рисова сівозміна) – вміст Zn, Co та Cu відповідає низькому рівню забезпечення рослин, що в умовах інтенсивного землеробства може негативно позначитися на кількості та якості сільськогосподарської продукції.

За умов зрошення у шарі 0–30 см майже всіх досліджуваних ґрунтів відзначена тенденція підвищення концентрацій більшості ВМ, у середньому – у 1,1–1,5 раза, що зв'язано, швидше за все, зі зміною іонно-сольового складу ґрунтового розчину при зрошенні і переходом у більш рухому форму ґрунтових резервів металів під впливом змін ґрунтових умов. Такі ж зміни у зрошуваних ґрунтах відбуваються і з основними елементами живлення: азотом, фосфором і калієм. Уміст їхніх валових форм у разі зрошення практично не змінюється, а рухомих форм – збільшується. Підвищення концентрацій рухомих форм ВМ може бути також пов'язане з додатковим надходженням елементів у ґрунт зі зрошувальною водою і підвищенням рухомості цих металів в умовах зниження вмісту гумусу, підвищення рН ґрунтового розчину. Зрошення ґрунтів затопленням для вирощування рису, швидше за все, спричиняє вимивання рухомих форм більшості елементів (за виключенням Fe та Mn) у нижчі шари і деяке збідніння орного шару, формування елювіально-ілювіального профілю відносно ВМ. Внесення добрив у ґрунти Херсонської області викликає тенденцію деякого збільшення вмісту в орному шарі ґрунтів рухомих форм більшості ВМ, при чому в богарних умовах ця тенденція виражена більшою мірою – сумарний вміст ВМ підвищується в 1,6–1,8 рази, у зрошуваних – в 1,3–1,4 раза. У разі однакового надходження додаткових їхніх кількостей з добривами (Стационарні досліді ІЗЗ НААН), такі відмінності можуть бути пов'язані зі зниженням дії фізіологічно кислих мінеральних добрив лужними зрошувальними водами, тобто меншими змінами факторів, які визначають рухомість металів. Рівень забезпеченості рослин рухомими формами Zn, Co, Cu за умов внесення добрив і зрошення не змінився, Mn – дещо підвищився. Зміни співвідношень ВМ з їх фоновими концентраціями, ГДК при цьому в досліджуваних ґрунтах не відмічено, категорія забруднення ґрунтів також не змінилася.

Для профільного розподілу рухомих форм більшості металів відмічено існування вилугуваного й акумулятивного шарів. У ряді зональних ґрунтів Херсонської області (чорнозем звичайний – чорнозем південний – темно-каштанові – каштанові ґрунти) виявлено тенденцію зменшення грубизни вилугуваного шару й наближення до поверхні акумулятивного зі значними концентраціями рухомих форм ВМ (від 75–100 до 30–50 см). Хоча ступінь забруднення верхніх шарів досліджуваних ґрунтів незначний, викликає занепокоєння значна його зміна з глибини 30–100 см, де концентрації більшості елементів підвищуються у 2–11 разів, для окремих елементів (Pb, Cd, Cr) з перевищенням ГДК, а категорія забруднення змінюється від допустимої до небезпечної. Це свідчить про можливу небезпеку капілярного та біологічного підйому металів у верхню частину профілю, особливо в темно-каштанових і

каштанових ґрунтах. Небезпечним може виявитися в них і застосування меліоративної плантажної оранки, що й було простежено під час дослідження її тривалої післядії. Плантажовані каштанові солонцюваті ґрунти у верхньому 0–60 см шарі відрізняються від своїх неплантажованих аналогів більш рівномірним розподілом і відносним збагаченням на рухомі форми металів (сума вмісту металів збільшується в 1,5–2 рази). Слід підкреслити, що в наших дослідженнях використано дані щодо тривалої післядії (30–40 років) плантажної оранки, тобто безпосередньо після її застосування існує загроза значного збільшення вмісту рухомих форм ВМ з перевищенням ГДК, що свідчить про необхідність контролю їх концентрацій під час проведення цього меліоративного заходу. Існування шару акумуляції елементів необхідно враховувати під час оцінки забезпеченості рослин мікроелементами, адже існує можливість зменшення їх дефіциту у шарі 0–30 см за рахунок надходження в рослини з шару 30–100 см. Розподіл рухомих форм більшості ВМ у профілі досліджуваних ґрунтів на досить високому рівні корелює з профільним розподілом карбонатів, солей і змінами рН ґрунтового розчину ($r = 0,7–0,9$; рівень достовірності 0,05). Зрошення водами І класу якості викликає тенденції деякого підвищення концентрацій ВМ (в 1,1–1,3 рази) і більш рівномірного їх розподілу за профілем більшості досліджуваних ґрунтів. Використання обмежено придатних та непридатних вод, забруднених металами призводить до більш вираженого збагачення профілю ґрунтів рухомими формами металів, особливо шару 0–30 см. Максимальний вплив зрошення на профільний розподіл рухомих форм ВМ встановлено в шарі 0–75 см. Застосування добрив впливає лише на вміст елементів у шарі 0–30 см. У більш глибоких шарах розподіл рухомих форм елементів визначається, скоріше за все, природними причинами.

Висновки. Уміст рухомих форм ВМ в орному шарі більшості досліджуваних ґрунтів відповідає фоновому рівню (відхилення в менший або більший бік не перевищує 5 разів), значно нижче встановлених ГДК, категорія забруднення визначається як допустима. Відмічено особливості вмісту рухомих форм Pb у плантажованих ґрунтах – наближення концентрацій до ГДК, збільшення категорії забруднення до помірно небезпечної. У ґрунтах рисових чеків відзначено високий уміст Fe та Mn, без перевищення ГДК. В орному шарі більшості вивчених ґрунтів вміст Zn відповідає низькій забезпеченості рослин за шкалою І. Г. Важеніна, Co – середній, а Cu і Mn – коливається від низької до середньої; у ґрунтах рисової сівозміни – вміст Zn, Co та Cu відповідає низькому рівню забезпечення рослин, що в умовах інтенсивного землеробства може негативно позначитися на кількості та якості сільськогосподарської продукції. Зрошення та внесення добрив у шарі 0–30 см майже всіх досліджуваних ґрунтів викликають тенденцію підвищення концентрацій більшості ВМ, у ґрунтах рисової сівозміни – зворотна тенденція. Для профільного розподілу рухомих форм більшості металів відмічено існування вилугуваного й акумулятивного шарів. Виявлено тенденцію зменшення грубизни вилугуваного шару й наближення до поверхні акумулятивного у ряду зональних ґрунтів Херсонської області: чорнозем звичайний – чорнозем південний – темно-каштанові – каштанові ґрунти. За зрошення відмічено збільшення вмісту ВМ у шару 0–75 см профілю ґрунтів. Плантажовані ґрунти відрізняються від своїх

неплантажованих аналогів більш рівномірним розподілом ВМ.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель України / за наук. ред. С. А. Балюка, М. І. Ромащенко, В. А. Сташука. – К.: Аграрна наука, 2009. – 619 с.

“The scientific basis for the protection and management of irrigated lands Ukraine”, 2009, For Sci. Ed. Baliuk S., Romashchenko M., Stashuk V., K., Agricultural Science, 619 p.

Національна програма охорони ґрунтів України / за ред. С. А. Балюка, В. В. Медведєва, М. М. Мирошниченка. – Харків, 2015. – 59 с.

“The National Program for Soil Protection of Ukraine”, 2015, Editors: S. A. Baliuk, V. V. Medvedev, M. M. Miroschnyenko, Kharkiv, 59 p.

Концепція відновлення та розвитку зрошення у Південному регіоні України. / за наук. ред. М. І. Ромащенко. – К., 2014. – 28 с.

“The concept of rehabilitation and development of irrigation in the South Ukraine”, 2014, For Sci. Ed. M. I. Romashchenko, K., 28 p.

Baliuk S. A., Solovey V. B., Zakharova M. A., Kucher A. V., Truskavetskyi S. R., 2015, “Analysis of information support for the condition of soil resources in Ukraine”, Agricultural Science and Practice 2, P. 77–84.

ВНД 33-5.5-06-99. Охорона водних, ґрунтових та рослинних ресурсів від забруднення важкими металами в умовах зрошення. – К.: Держводгосп України, 1999. – 26 с.

“DND 33-5.5-06-99 Protection of water, soil and plant resources from pollution by heavy metals in conditions of irrigation”, 1999, K., Derzhvodhosp Ukraine, 26 p.

СанПиН 42-128-4433-87. Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве. – М., 1988. – 302 с.

“SanPiN 42-128-4433-87. Sanitary norms of permissible concentrations of chemicals in the soil”, 1988, M., 302 p.

Методы определения микроэлементов в почвах, растениях и водах / под ред. И. Г. Важенина. – М.: Колос, 1974. – 288 с.

“Methods for determination of microelements in soils, plants and waters”, 1974, For Ed. I. G. Vazhenin, M., Kolos, 288 p.

Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов. – М., 1990. – 186 с.

“Medical-biological requirements and sanitary norms of quality food raw materials and food products”, 1990, M., 186 p.

Балюк С. А. Комплексна оцінка агрогенних змін властивостей солонцевих ґрунтів Сухого Степу України / С. А. Балюк, О. М. Дрозд, Н. Ю. Гаврилович // Вісн. аграр. науки. – 2014. – № 9. – С. 44–48.

Baliuk S. A., Drozd E. M., Gavrylovych N. Yu., 2014, “Comprehensive assessment ahrohennyh changes in soil properties solontsevyh Dry Steppe Ukraine”, Bulletin of Agricultural Science, № 9, P. 44–48.

Рекомендації з раціонального використання земель приморської частини Краснознам'янської зрошувальної системи / за ред. С. А. Балюка. – Харків: Міськдрук, 2013. – 72 с.

“Recommendations on the rational use of coastal land Krasnoznam'yanskoyi irrigation system”, 2013, Editor: S. A. Baliuk, Kharkiv, Miskdruk, 72 p.