

UDC 631.453(477.1)

**T. M. Myslyva, Dr. (Agric.), professor***Belarus State Agrarian Academy, byrty41@yahoo.com*  
**Yu. A. Bilyavskij, Cand. (Agric.), Assistant professor***Zhytomyr National Agroecological University*  
*e-mail: byrty41@yahoo.com***GEOECOLOGICAL FEATURES OF ZINC DISTRIBUTION IN THE  
AGROLANDSCAPES OF ZHYTOMYR POLISSYA**

*The purpose of research is to estimate the levels of contamination of soil with the gross and strongly fixed forms of zinc, and the establishment of features of accumulation of this heavy metal in the components of agrolandscapes. The researches conducted during 2005-2016 within the limits of 15 administrative districts the Polissya part of the Zhytomyr oblast. The field, laboratory, instrumentation-gravimetric, comparatively-calculation, mathematical and statistical methods of research have been used during the investigations. Extracting of gross forms of zinc has been carried out with concentrated  $\text{HNO}_3$ , and the extracting of fixed forms of Zn – with 1N of  $\text{HNO}_3$ . For elemental analysis, an atomic absorption spectrometer (C 115-1M) was used. All the experimental data have been reported in mg/kg. The estimation of the content of Zn in soil was based on the determination of such geochemical coefficients, as a coefficient of concentration of element ( $H_c$ ) and index of saturation of soil by the element  $I_{el_{Zn}}$ . It was determined that in the soil cover of agrolandscapes relatively low content of gross forms of copper is fixed, which ranges from 13 to 48 mg/kg on the average. A characteristic feature of the distribution of strongly fixed zinc in the soil profile is its accumulation in the upper genetic horizons, rich in organic matter. The maximum quantity of copper concentrates in soils of forest ecosystems, where the forest floor accumulates the maximum quantity of the mobile forms of Zn. The coefficient of concentration of zinc in the plow layer of soil in agricultural landscapes in average varies from 3 to 5. The index of soil saturation with this element corresponds to the background content. The zinc should be seen not as the pollutant but as a deficient trace element for soil of agricultural landscapes and its reserves in the soil must be replenished. The content of zinc in the soil of agrolandscapes corresponds to the lower limit of the average availability for the cultures of low carry-over as well as to the upper limit of the average availability for the cultures of heightened carry-over. The results of researches should be used for the creation of ecological passport of Zhytomyr oblast, for the estimation of the agroecological state of soil cover within the limits of agrolandscapes, for the exposure of priority directions during the control of contamination of soils and agricultural plants by zinc.*

**Key words:** *copper, soil, migration, coefficient of concentration, index of saturation.*

УДК 631.453(477.1)

**Т. М. Мислива, д-р с.-г. наук, професор***ЗО «Білоруська державна сільськогосподарська академія»,  
e-mail: byrty41@yahoo.com***Ю. А. Белявский, канд. с.-г. наук, доцент***Житомирський національний агроекологічний університет***ГЕОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ ЦИНКУ В АГРОЛАНДШАФТАХ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ**

*Визначено рівні вмісту й особливості акумуляції валових і міцнофіксованих форм цинку у верхньому 0-20-сантиметровому шарі ґрунтів агроландшафтів. Установлено, що у ґрунтовому покриві фіксується відносно низький уміст валових форм цинку, який коливається в середньому від 13 до 48 мг/кг. Характерною рисою розподілу міцнофіксованого цинку за ґрунтовим профілем є його акумуляція у верхніх генетичних горизонтах, багатих на органічну речовину. Цинк не є забруднювачем ґрунтового покриву агроландшафтів, оскільки при середньому коефіцієнті його концентрації, що дорівнює 3,0, уміст в ґрунті цього елемента відповідає нижній межі середньої забезпеченості для культур невисокого виносу.*

*Ключові слова: цинк, ґрунт, міграція, коефіцієнт концентрації, індекс насиченості.*

УДК 631.453(477.1)

**Т. Н. Мыслыва, д. с.-х. н., профессор***УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
e-mail: byrty41@yahoo.com***Ю. А. Белявский, к. с.-х. н., доцент***Житомирский национальный агроэкологический университет***ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЦИНКА В АГРОЛАНДШАФТАХ ЖИТОМИРСКОГО ПОЛЕСЬЯ**

*Определены уровни содержания и особенности аккумуляции валовых и сильнофиксированных форм цинка в верхнем 0-20 см слое почв агроландшафтов. Установлено, что в почвенном покрове фиксируется относительно низкое содержание валовых форм цинка, которое колеблется в среднем от 13 до 48 мг/кг. Характерной чертой распределения сильнофиксированного цинка по почвенному профилю является его аккумуляция в верхних генетических горизонтах, богатых органическим веществом. Цинк не является загрязнителем почвенного покрова агроландшафтов, поскольку при среднем коэффициенте его*

концентрации, равном 3,0, содержание в почве данного элемента соответствует нижней границе средней обеспеченности для культур невысокого выноса.

**Ключевые слова:** цинк, почва, миграция, коэффициент концентрации, индекс насыщенности.

**Введение.** Цинк принадлежит к педохимически активным веществам, создающим кислотно-щелочные и окислительно-восстановительные условия в почве и воздействующим таким образом на общую почвенно-геохимическую обстановку (Охрана природы..., 2008). Исходя из того, что с одной стороны он является одним из важнейших микроэлементов, а с другой – относится к тяжелым металлам, геоэкологические особенности его распределения в природных и аграрных ландшафтах также следует рассматривать с двух позиций: 1) оценки уровня дефицитности данного элемента для растений; 2) определения степени опасности загрязнения почвы и растительности.

Вследствие прогрессирующего усиления техногенного воздействия на окружающую среду и ухудшения экологической ситуации, связанной с загрязнением почвенного покрова тяжелыми металлами не только в пределах территорий с высокой степенью концентрации промышленного производства, но и в аграрных регионах, изучение форм нахождения и миграции цинка в почвах является достаточно актуальным. В первую очередь, такая информация позволит оценить как общую степень загрязнения цинком почвенного покрова ландшафтов, так и вероятность накопления данного поллютанта природными и агрофитоценозами.

Вопросам загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами, в частности цинком, посвящено значительное количество исследований как украинских ученых (Жовинский, Кураева, 2002; Фатеев, Пашенко, 2003), так и ученых из ближнего (Позняк, 2011; Дабахов и др., 2015) и дальнего (Martinez, Bazilevskaya, Lanzirrotti, 2006; Kabata-Pendias, Mukherjee, 2007) зарубежья. Однако хотя в литературе и имеется определенное количество сведений о загрязнении почвенного покрова Житомирского Полесья цинком (Самчук и др., 2006; Мыслыва и др., 2006; Валерко, 2008), они носят фрагментарный характер, а мониторинговых исследований, касающихся оценки геохимического поведения и уровня загрязнения данным элементом природных и агроландшафтов в данном регионе за последние 40-45 лет практически не проводилось.

**Объекты и методы исследований.** Исследования выполняли в течение 2005-2016 гг. в пределах полесской части Житомирской области. Почвенный покров агроландшафтов исследовали на территории Барановского, Брусиловского, Хорошевского, Емильчинского, Коростенского, Коростышевского, Лугинского, Малинского, Народичского, Новоград-Волынского, Овручского, Олевского, Радомышльского, Пулинского и Черняховского административных районов. Образцы почвы отбирали согласно

требованиям методики (Методика..., 1994) и ДСТУ ISO 10381-4:2005 (ISO 10381-4: 2003, IDT), их подготовка к проведению анализа выполнялась в соответствии с требованиями методики (Методические..., 1991) и ДСТУ ISO 11464: 2007 (ISO 11464: 2006, IDT). Экстрагирование валовых форм свинца, содержащихся в почве, проводили концентрированной  $\text{HNO}_3$  в соответствии с требованиями (Методические..., 1991), а сильнофиксированных форм – 1 н  $\text{HNO}_3$ . Определение концентрации химических элементов выполняли методом атомно-абсорбционной спектрометрии на приборе марки С 115-1М. Оценку содержания цинка в почве осуществляли на основе определения таких геохимических коэффициентов, как коэффициент концентрации ( $H_c$ ) (Охрана природы..., 2008) и индекс насыщенности почвы цинком  $I_{P_{Cu}}$  (Дмитрук, 2003). Статистическая обработка экспериментальных данных была выполнена с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 2013 и Statistica 10.0.

**Результаты и обсуждение.** Будучи рассеянным элементом земной коры, цинк является достаточно распространенным в биосфере. В магматических горных породах он распределен относительно равномерно. Наблюдается лишь небольшое обогащение цинком основных (базальт, габбро) пород, где его концентрация достигает 80-120 мг/кг, и слабое обеднение гранитов и гнейсов, в которых его содержание не превышает 40-60 мг/кг. Концентрация цинка в глинистых осадочных породах и сланцах достигает 80-120 мг/кг, тогда как в песчаных и карбонатных породах она колеблется в пределах от 10 до 30 мг/кг (Kabata-Pendias, Mukherjee, 2007). Цинк в земной коре относится к халькофилам (Водяницкий, 2010). Основными цинковыми минералами являются сфалерит ( $\text{ZnS}$ ) и смитсонит ( $\text{ZnCO}_3$ ). Достаточно распространены также оксид цинка и железа – франклинит  $\text{ZnO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  и гидросиликат цинка – гемиморфит  $\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (Гринвуд, 2008). Он также входит в состав таких минералов, как биотит, амфибиол, пироксен. Цинк содержится и в отдельных разновидностях монтмориллонитов (соконит), где замещает в октаэдрах алюминий. В почвах он встречается в виде сфалерита, простых солей, а также входит в состав отдельных алюмосиликатов (Водяницкий, 2010).

Содержание  $\text{Zn}$  в почве зависит от минералогического и гранулометрического состава почвообразующих пород типа почвообразующего процесса, химизма и уровня залегания грунтовых вод, количества и качества органического вещества почвы, интенсивности антропогенной деятельности (Мыслыва, 2011).

Основные почвообразующие породы Житомирского Полесья бедны цинком, особенно мало его содержат флювиогляциальные и древнеаллювиальные песчаные отложения, а также продукты выветривания кристаллических пород. В связи с этим и почвы Полесского региона характеризуются относительно низкими запасами валового цинка, которые колеблются в среднем от 13 до 48 мг/кг в зависимости от типа почвы и ее

качественных параметров (табл. 1).

**1. Содержание валовых форм цинка в отдельных почвенных разностях агроэкосистем Житомирского Полесья 2005-2016 гг., слой почвы 0-20 см**

Название почвы	Уровень обеспеченности Zn	Интервал содержания цинка, мг/кг				
		10-20	20-30	30-40	40-50	50-60
Дерново-слабоподзолистая песчаная на флювиогляциальных отложениях	низкий	$\frac{9,9}{22}$	$\frac{27,9}{62}$	$\frac{7,2}{16}$	-	-
Дерново-среднеподзолистая супесчаная на флювиогляциальных отложениях	низкий	-	$\frac{44,8}{56}$	$\frac{35,2}{44}$	-	-
Дерново-среднеподзолистая супесчаная на морене	средний	-	$\frac{14,4}{24}$	$\frac{39,0}{65}$	$\frac{6,6}{11}$	-
Светло-серая оподзоленная супесчаная на лессовидных суглинках	средний	-	$\frac{11,0}{22}$	$\frac{34,0}{68}$	$\frac{5,0}{10}$	-
Серая оподзоленная крупнопылевато-легкосуглинистая на лессовидных суглинках	средний	-	$\frac{12,5}{25}$	$\frac{27,0}{54}$	$\frac{10,5}{21}$	-
Темно-серая оподзоленная песчано-легкосуглинистая на лессовидных суглинках	средний	-	-	$\frac{15,2}{38}$	$\frac{24,8}{62}$	-
Дерновая глубокая глеевая супесчаная на водноледниковых отложениях	средний	-	$\frac{18,8}{47}$	$\frac{21,2}{53}$	-	-
Луговая оподзоленная суглинистая на бескарбонатных глинах	средний	-	$\frac{11,6}{29}$	$\frac{28,4}{71}$	-	-

Примечание: числитель – га; знаменатель – % от обследованной площади.

В агроландшафтах максимальные средние концентрации валового цинка, достигающие 40-50 мг/кг, характерны для серых и темно-серых оподзоленных почв, а минимальные – 10-20 мг/кг – для дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почв, сформированных на флювиогляциальных и древнеаллювиальных отложениях. От 22 до 62 % обследованных площадей почв агроландшафтов имеют содержание валового цинка в пределах 20-30 мг/кг и от 16 до 71 % – на уровне 30-40 мг/кг.

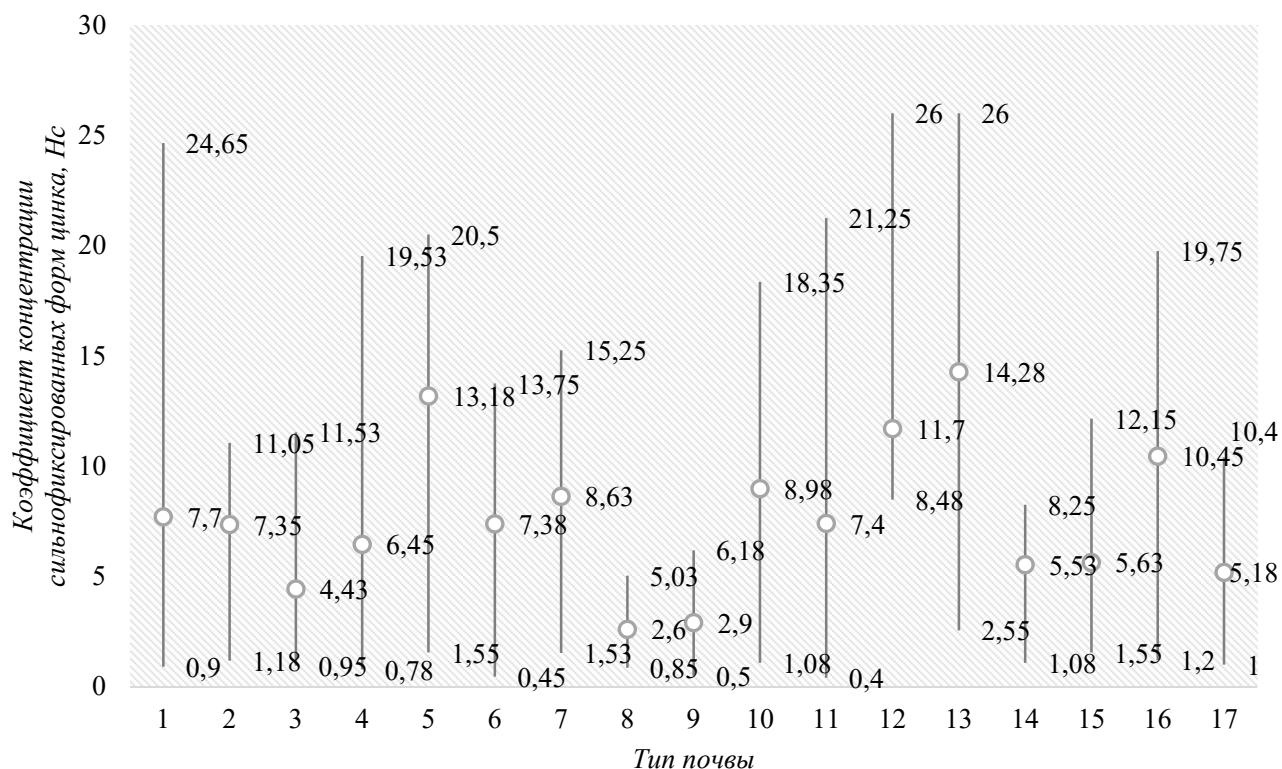
Низкие запасы валовых форм цинка в полесских почвах определяют и невысокое содержание его сильнофиксированных форм. Содержание цинка в почвах агроэкосистем в зависимости от типа почвы варьирует в пределах от 0,2-0,4 до 6-9 мг/кг. Наименее обеспечены цинком дерново-подзолистые почвы, сформировавшиеся на продуктах выветривания кристаллических пород, поскольку содержание этого элемента в пахотном слое недостаточно даже для сельскохозяйственных культур с низким выносом. Максимальные его количества содержат дерново-подзолистые почвы глинисто-песчаного гранулометрического состава, глинистые почвы и почвы с признаками поверхностного оглеения (табл. 2).

**2. Уровень обеспеченности цинком отдельных почвенных разностей агроэкосистем Житомирского Полесья, слой почвы 0-20 см**

Название почвы	Степень выноса растениями	Обеспеченность		
		низкая	средняя	высокая
Дерново-подзолистая глееватая супесчаная	невысокая		■	
	повышенная		■	
	высокая	■		
Дерново-подзолистая глееватая легкосуглинистая	невысокая			■
	повышенная		■	
	высокая	■		
Дерново-подзолистая супесчаная глеевая	невысокая		■	
	повышенная	■		
	высокая	■		
Дерново-подзолистая глинисто-песчаная глеевая	невысокая			■
	повышенная			■
	высокая		■	
Дерново-подзолистая супесчаная, подстеленная элювием массивно кристаллических пород	невысокая		■	
	повышенная	■		
	высокая	■		
Дерново-подзолистая песчаная, подстеленная элювием массивно кристаллических пород	невысокая	■		
	повышенная	■		
	высокая	■		
Дерново-подзолистая глееватая глинисто-песчаная	невысокая			■
	повышенная		■	
	высокая		■	
Дерново-подзолистая неоглеенная супесчаная	невысокая			■
	повышенная			■
	высокая		■	
Дерново-подзолистая неоглеенная песчаная	невысокая			■
	повышенная		■	
	высокая	■		
Дерново-подзолистая глинисто-песчаная глеевая	невысокая			■
	повышенная			■
	высокая		■	
Светло-серая оподзоленная глееватая супесчаная	невысокая			■
	повышенная		■	
	высокая		■	

Для почв агроландшафтов Житомирского Полесья Zn следует рассматривать не как элемент – загрязнитель окружающей среды, а как дефицитный микроэлемент. Коэффициенты его концентрации в среднем колеблются от 3-5 до 8-10, а в отдельных почвах и 13-14, что отвечает средней и высокой обеспеченности (рис. 1). Однако, ввиду того, что коэффициент концентрации является отношением фактического содержания элемента в

почве к его фоновому содержанию, которое для Житомирского Полесья составляет 0,4 мг/кг, даже при среднем коэффициенте концентрации, равном 3,0, содержание в почве сильнофиксированного цинка соответствует нижнему пределу средней обеспеченности для культур невысокого выноса.

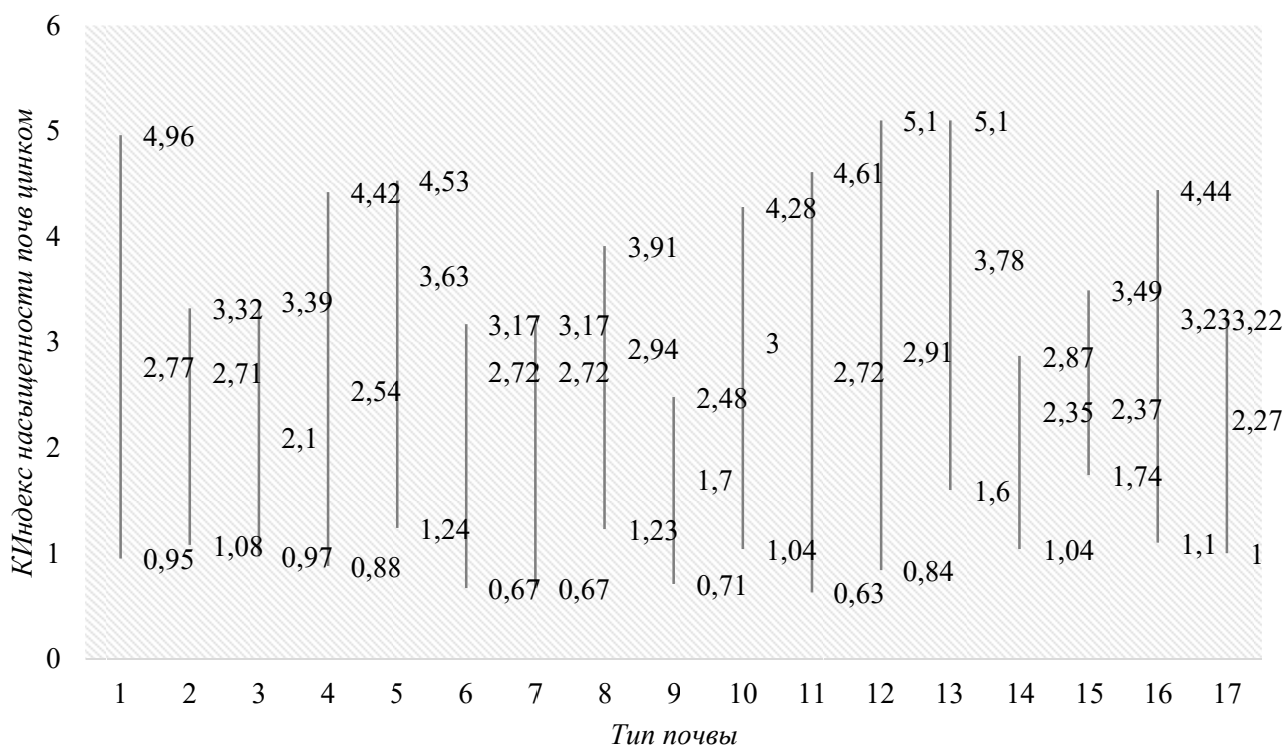


**Рис. 1. Коэффициент концентрации  $H_c$  сильнофиксированных форм цинка для отдельных почвенных разностей агроэкосистем Житомирского Полесья, слой почвы 0-20 см (тип почвы: 1 – дерново-подзолистая глееватая супесчаная; 2 – дерново-подзолистая глееватая легкосуглинистая; 3 – дерново-подзолистая супесчаная глеевая; 4 – дерново-подзолистая глеевая супесчаная осушенная; 5 – дерново-подзолистая глинисто-песчаная глеевая; 6 – дерново-подзолистая не оглеенная глинисто-песчаная; 7 – дерново-подзолистая глинисто-песчаная, подстеленная элювием массивно-кристаллических пород; 8 – дерново-подзолистая супесчаная, подстеленная элювием массивно кристаллических пород; 9 – дерново-подзолистая песчаная, подстеленная элювием массивно кристаллических пород; 10 – дерново-подзолистая глееватая глинисто песчаная; 11 – дерново-подзолистая глееватая глинисто-песчаная и супесчаная осушенная; 12 – дерново-подзолистая неоглеенная супесчаная; 13 – дерново-подзолистая супесчаная поверхностно-глееватая; 14 – дерново-подзолистая неоглеенная песчаная; 15 – дерново-подзолистая неоглеенная глинисто-песчаная; 16 – дерново-подзолистая глинисто-песчаная глеевая; 17 – светло-серая оподзоленная глееватая супесчаная)**

О преобладании процессов аккумуляции цинка в почвах полесских агроландшафтов над процессами его рассеивания свидетельствует величина индекса насыщенности пахотного слоя почв этим элементом, которая в среднем колеблется в пределах от 1,7 до 3,8 (рис. 2).

Следует отметить, что на распределение сильнофиксированного цинка по

профілю ґрунту впливають як проходження процесів ґрунтоутворення і гранулометричний і хімічний склад генетичних горизонтів, так і кількість і якість органічного речовини, склад ґрунтових колоїдів, діяльність педомікробіоти. Підвищеність цинку в ґрунтах і його доступність для рослин в значительній мірі залежать від рН ґрунтового розчину і вмісту в ґрунті карбонатів. Підкислення призводить до зростання підвищеності цього елемента, що, з однієї сторони, збільшує його доступність для рослин, а з іншої – при відповідних умовах сприяє виведенню Zn з ґрунту. Найбільш підвищеною формою вважають  $Zn^{2+}$ , однак цинк може присутувати в ґрунті в поглинаючому комплексі і в формі інших іонних форм. В обмінній формі цинк поглинається органічними і мінеральними колоїдами ґрунту. В ґрунті він асоціюється, переважно, з водними оксидами Fe і Al (14-38 % від загального вмісту Zn) і з глинистими мінералами (24-63 %), тоді як його легкопідвищені форми і органічні комплекси становлять 1,5 і 2,3 % відповідно (Зырин, 1976). Органічне речовина ґрунту здатна зв'язувати Zn в стійкі форми, наслідком чого є накопичення цього елемента в лісовій підстилці, торфі і гумусових горизонтах ґрунту. З зменшенням в ґрунті кількості органічного речовини зменшується і вміст в ній сильнофіксованого цинку, тому мінеральні горизонти ґрунту містять менше підвищених форм цього елемента, ніж багаті органічними речовинами (Мысльва, 2011).



**Рис. 2. Індекс насиченості цинком  $I_{pZn}$  окремих ґрунтових різновидів агрокосистем Житомирського Полісся, шар ґрунту 0-20 см (тип ґрунту см. рис. 1)**



**Выводы.** В почвенном покрове агроландшафтов Житомирского Полесья фиксируется относительно низкое содержание валовых форм цинка, которое колеблется в среднем от 13 до 48 мг/кг, достигая уровня 40-50 мг/кг только в серой и тено-серой оподзоленных почвах.

Характерной чертой распределения сильнофиксированного цинка по почвенному профилю является его аккумуляция в верхних генетических горизонтах, богатых органическим веществом.

Коэффициент концентрации цинка в пахотном слое почв агроландшафтов в среднем колеблется в пределах от 3 до 5, а индекс насыщенности почвы соответствует фоновому содержанию, величина которого соответствует преимущественно низкой обеспеченности, поэтому данный элемент следует рассматривать не как загрязнитель, а как дефицитный микроэлемент, запасы которого в почвах нуждаются в пополнении.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

**Валерко Р. А.** Забруднення важкими металами ґрунтового покриву і фітоценозів на території м. Житомира та прилеглих до нього агроєкосистем / Р. А. Валерко // Вісн. ДАЕУ. – 2008. – № 1. – С. 356-366.

*Valerko R.A., 2008, "Contamination with heavy metals soil and plant communities in the city Zhytomyr and adjacent agroecosystems", Visn. DAEU, № 1. – P. 356-366.*

**Водяницкий Ю.Н.** Формы цинка в загрязненных почвах / Ю.Н. Водяницкий // Почвоведение. – 2010. – №3. – С. 293-300.

*Vodyanitsky Yu. N., 2010, "Forms of zinc in contaminated soils", Soil science, № 3, P. 293-300.*

**Гринвуд Н.** Химия элементов / Н. Гринвуд, А. Эрншо. – М.: Бином, 2008. – Т. 2. – 670 с.

*Greenwood N. Ernshaw A., 2008, "Chemistry of Elements", Moscow, Binom, Vol. 2, 670 p.*

**Дабахов М. В.** Экологическая оценка почв урбанизированных ландшафтов / М. В. Дабахов, Е. В. Дабахова, В. И. Титова. - Нижегородская гос. с.-х. академия. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2015. – 305 с.

*Dabakhov M. V., Dabahova E. V., Titova V. I., 2015, "Ecological assessment of soils of urbanized landscapes", The Nizhny Novgorod State Academy, N. Novgorod, Publishing house VVAGS, 305 p.*

**Дмитрук Ю. М.** Оцінка вмісту нікелю в ґрунтах Покутсько-Буковинських Карпат на основі геохімічних коефіцієнтів / Ю. М. Дмитрук // Ґрунтознавство. – 2003. – Т. 4. – № 1-2. – С. 78-83.

*Dmitruk M., 2003, "Evaluation of nickel content in soils Pokuts'ka-Bukovina Carpathians based on geochemical factors", Soil Science, Vol. 4, № 1-2, P. 78-83.*

**Жовинский Э. Я.** Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины / Э. Я. Жовинский, И. В. Кураева. – К. : Наук. думка, 2002. – 214 с.

*Zhovinsky E. Ya., Kuraeva I. V., 2002, "Geochemistry of Heavy Metals in Soils of Ukraine", Kiev, Science Dumka, 214 p.*

**Зырин Н.Г.** Формы соединений цинка в почвах и поступление его в растения / Н.Г. Зырин, В.И. Рерих, Ф.А. Тихомиров // Агрохимия. – №5. – 1976. – С. 124.

*Zyryn N. G., Roerich V. I., Tikhomirov F. A., 1976, "Forms of zinc compounds in soils and its entry into plants", Agrochemistry, № 5, P. 124.*

**Методика суцільного ґрунтового агрохімічного моніторингу сільськогосподарських**

угідь України / за ред. О. О. Созінова, Б. С. Прістера. – К., 1994. – 162 с.

*"The method of continuous monitoring of soil agrochemical farmland Ukraine", 1994, ed. Sozinov O. O., Priester B. S., Kiev, 162 p.*

**Методические указания** по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М. : ЦИНАО, 1991. – 58 с.

*"Methodological guidelines for the determination of heavy metals in soils of farmland and crop production", 1991, Moscow, CINAО, 58 p.*

**Мислива Т. М.** Важкі метали в лісоаграрних ландшафтах Житомирського Полісся // Агрохімія і ґрунтознавство / Т. М. Мислива, В. А. Трембіцький, Л. Л. Довбиш. – 2006. – Спец. вип. – С. 260-263.

*Myslyva T. M., Trembitskyu V. A., Dovbush L. L., 2006, "Heavy metals in forest-agricultural landscapes Zhytomyr Polissya", Agrochemistry and soil science, Spec. no., P. 260-263.*

**Мислива Т. М.** Цинк у ґрунтах Житомирського Полісся / Т. М. Мислива // Вісник ЖНАЕУ. – 2011. – № 1(28). – С. 30-45.

*Myslyva T. M., 2011, "Zinc in soils Zhytomyr Polissya", Bulletin ZHNAEU, № 1 (28), P. 30-45.*

**Охрана природы.** Почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ: ГОСТ 17.4.3.06-86 [Дата введения 1987-01-07, переизд. 2008-08]. – М.: Стандартинформ, 2008. – 4 с.

*"Protection of nature. Soil. General requirements for the classification of soils on the effect of chemical pollutants on them", 2008, GOST 17.4.3.06-86, Date of introduction 1987-01-07, reprinted. 2008-08, Moscow, Standardinform, 4 p.*

**Позняк С. С.** Содержание тяжелых металлов Pb, Ni, Zn, Cu, Mn, Zr, Cr, Co и Sn в дерново-подзолистых почвах Центральной зоны Республики Беларусь / С.С. Позняк // Проблемы региональной экологии. – 2011. – №6. – С.27-34.

*Poznyak S. S., 2011, "The content of heavy metals Pb, Ni, Zn, Cu, Mn, Zr, Cr, Co and Sn in sod-podzolic soils of the Central zone of the Republic of Belarus", Problems of regional ecology, № 6, P. 27-34.*

**Самчук А. І.** Важкі метали у ґрунтах Українського Полісся та Київського мегаполісу / А. І. Самчук, І. В. Кураєва, О. С. Єгоров. – К.: Наук. думка, 2006. – 108 с.

*Samchuk A. I., Kuraev I. V., Yegorov O. S., 2006, "Heavy metals in soils Polesie Ukrainian and Kiev metropolis", Kiev, Science idea, 108 p.*

**Фатеев А. І.** Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України / А. І. Фатеев, Я. В. Пашенко. – Харків, 2003. – 72 с.

*Fateev A. I., Paschenko Ya. V., 2003, "Background content of trace elements in soils Ukraine", Kharkiv, 72 p.*

**Kabata-Pendias A., Mukherjee A. B., 2007, "Trace elements from soil to human", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 23 p.**

**Martinez C. E., Bazilevskaya K. A., Lanzirrotti A., 2006, "Zinc coordination to multiple ligand atoms in organic-rich surface soils", Environ. Sci. Technol., V. 40, P. 5688-5695.**