

4. Інструкція з проведення ґрунтово-сольової зйомки на зрошуваних землях України ВНД 33-5.5-11-02. Державний Комітет України по водному господарству К. 2002.- 80 с.

5. Хімічна меліорація ґрунтів (концепція інноваційного розвитку) / [С.А. Балюк, О.М. Дрозд, В.Я.Ладних, М.А. Захарова, Л.І. Воротинцева, Ю.О. Афанасьєв, О.А. Недоцюк, О.А. Носоненко]; за ред. С.А. Балюка, Р.С. Трускавецького, Ю.Л. Цапка - Харків: «Міськдрук», 2012. -129 с.

6. Комплекс протидеградаційних заходів на зрошуваних землях України/ Рекомендації [Колектив авторів, у т.ч. С.А. Балюк, О.А. Носоненко, М.А.Захарова, О.М.Дрозд, В.Я. Ладних, Л.І. Воротинцева та ін. ]. - К.: Аграрна наука, 2012. – 104 с.

*Стаття надійшла до редколегії 24.05.2015*

## **SALINE PODS OF SOUTH KHERSON REGIONS AND THEIR USING IN AGRICULTURAL PRODUCTION (FOR EXAMPLE KALANCHAK PODS)**

**O.M. Drozd<sup>1</sup>, Yu.O.Afanasyev<sup>1</sup>, M.P. Ryabtsev<sup>2</sup>, V.I. Nikolyyuk<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>NSC «Institute for soil science and agrochemistry research named after O.N. Sokolovsky»

(*oroshenie@ukr.net*)

<sup>2</sup>Kahovska hydrogeology and reclamation expedition

(*khggme@gmail.com*)

In this article there were presented the research results of the dynamics of water and salt soil indicators of pods of the Kherson region in a rice crop rotation, and after termination of the rice cultivation. It was found that during the using the pod soil in the structure of soil cover the saline lands did not exceed 11 % of the total area. After the cessation of rice cultivation, in the result of secondary salinization the number of saline lands was increased to 99 %. After three years pouring of pod with fresh Dnieper water the soils became without salinization and the amount of saline lands was decreased by 22 %. Soil salinization and desalinization were occurred due to toxic sulfate salts. Saline soils of Kalanchak area pods can be used in agricultural production provided their washing and presence of drainage in these areas.

**Key words:** pod; soil salinization; rice cultivation.

УДК 631.423:539.1

## **ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНУ ТЕХНОГЕННО ЗМІНЕНИХ ҐРУНТІВ ЖИТЛОВОГО СЕЛИЩА**

**В.В. Левенець, В.А. Діордиця, А.О. Щур, М.О. Авраменко, Є.І. Євсєва, М.П. Усіков**

**Інститут фізики твердого тіла, матеріалознавства та технологій Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут» (ІФТТМТ ННЦ ХФТІ)**

(*levenets@kpt.kharkov.ua*)

Наведено результати обстеження ґрунтів житлового селища, розташованого в зоні дії підприємства, за період 2001-2013 років. Встановлено, що для характеристики погіршення стану ґрунтів необхідно враховувати як накопичення забруднювачів, так і зменшення кількості життєво важливих елементів. Оцінено ступінь небезпеки забруднення ґрунтів даного населеного пункту комплексом металів. Показано переваги використання ядерно-фізичних методів аналізу (ЯФМА) на прискорених іонах – характеристичного рентгенівського випромінювання (ХРВ) та миттєвого гамма випромінювання з ядерних реакцій (МГВЯР) для визначення вмісту хімічних елементів с Z=3-82 у ґрунті.

**Ключові слова:** моніторинг ґрунтів; кількісний аналіз; хімічні елементи; ядерно-фізичні методи аналізу (ЯФМА) на прискорених іонах.

**Вступ.** Для визначення хімічного складу екологічних об'єктів (атмосферне повітря, ґрунт, поверхневі води, донні відкладення, тканини рослин і тварин) потрібні методи, які можуть забезпечити багатоелементний неруйнівний аналіз досліджуваних речовин з низькими межами виявлення та гарній відтворюваності результатів аналізу. У сучасному хімічному аналізі для досліджень елементного складу різних речовин інтенсивного розвитку набули методи атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою (ІЗП-АЕС) і мас-спектрометрія з індуктивно-зв'язаною плазмою

(ІЗП-МС). У наукових дослідженнях з фізичних методів для визначення вмісту хімічних елементів у складних матрицях, головним чином, застосовуються методи нейтронно-активаційного аналізу (НАА), рентгено-флуоресцентний аналіз (РФА) і ядерно-фізичні методи аналізу (ЯФМА) на пучках прискорених іонів. Усі ці методи характеризуються малою витратою проби, простотою пробопідготовки, яка не потребує руйнування зразка (для РФА й методів ЯФМА також можливі варіанти роботи *in vivo*), та дозволяє проводити швидкий (10-15 хвилин) багатоелементний аналіз із високою чутливістю до концентрації. Універсальним способом визначення хімічного складу різних матриць є комплекс ЯФМА, одним із варіантів якого є одночасне використання методу характеристичного рентгенівського випромінювання (ХРВ), порушеного протонами, і методу миттєвого гамма-випромінювання з ядерних реакцій (МГВЯР) [1]. У моніторингу підприємств атомної енергетики використання таких інструментів дослідження стає особливо важливим у разі застосування результатів як вхідних параметрів у моделюванні впливу об'єктів ядерного циклу на навколишнє середовище. Як визначення впливу самого Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут» (ННЦ ХФТІ) на навколишнє середовище виступає кількісне визначення вмісту хімічних елементів у ґрунті житлового масиву, розташованого в безпосередній близькості.

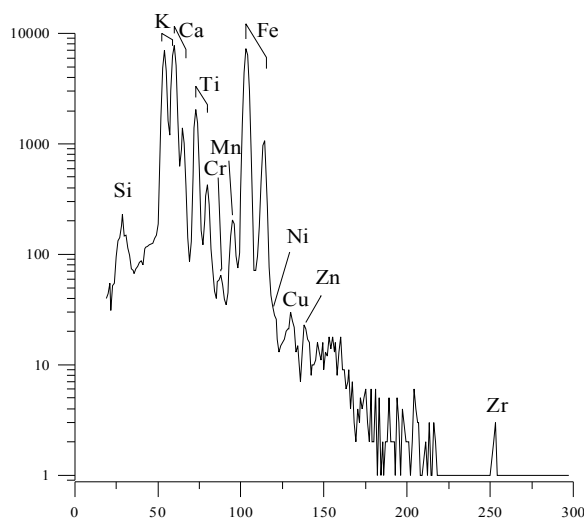
За даними різних авторів, які для оцінки екологічного стану ґрунтів використовують, як критерії порівняння, гранично допустимі концентрації (ГДК) чи орієнтовно допустимі концентрації (ОДК) та фонові параметри або кларки вмісту хімічних елементів у літосфері, сучасний стан ґрунтів у районі більшості підприємств характеризується перевищенням вмісту токсичних елементів [2, 3, 4, 5]. Аналіз техногенного забруднення ґрунтів Харкова показав, що в цілому спостерігається підвищений вміст елементів техногенної асоціації Zn-Cu-Mn-Pb-Cd [4], що пояснюється інфраструктурою промислового виробництва цього міста, яка історично пов'язана з машинобудуванням, металургією і розвинутою мережею автомобільних доріг.

Картину техногенних аномалій можливо одержувати на підставі інформації про валовий вміст хімічних елементів у ґрунті.

Мета даної роботи – охарактеризувати ступінь зміни вмісту хімічних елементів з Z=3-82 у ґрунті, який зазнає впливу техногенних факторів, і виявити характер їх розподілу по ґрунтовому профілю.

**Об'єкти та методи дослідження.** Об'єктом наших досліджень є ґрунти житлового селища, розташованого в зоні дії підприємства ННЦ ХФТІ. Забруднення ґрунтів відбувається за рахунок атмосферних викидів із споруд на його території, які пов'язані з розробкою та випробуванням матеріалів для атомної енергетики. Джерелом забруднюючих речовин є дослідне виробництво (викиди свинцю, оксидів заліза та абразивного пилу), берилієве виробництво (викиди берилію і оксиду міді через трубу висотою H=21,4 м), комплекс «Прискорювач» (викиди оксидів заліза, міді і марганцю через трубу висотою H=12 м), споруда з випробування об'єктів атомної енергетики (викиди шестивалентного хрому через трубу висотою H=9,5 м). Безпосереднє забруднення ґрунтів відбувається у точках виходу труб з хімічними стоками підприємства. Додатковим джерелом забруднень повітря важкими металами є інтенсивний рух автотранспорту в районі території житлового селища. Розрахунки показують, що вміст шкідливих речовин розподіляється по поверхні ґрунту відповідно до рівномірного закону розподілу. Пробовідбір ґрунту здійснюється в осінній період за ясної погоди в 30-ти точках з урахуванням місць, які зазнали найбільшого забруднення (дослідне виробництво, гаражі, точки виходу труб зі стоками, окружна дорога біля селища) (рис. 1). Територія ННЦ ХФТІ і його дослідного виробництва виділена на карті темним кольором. Зразки відбирають із шару 0,05-0,1 м способом «конверту» у відповідності до нормативного документу ДСТУ 28168-89. «ґрунт.





**Рис.2.** Спектр характеристичного рентгенівського випромінювання зразка ґрунту в т.18 (головний вхід до ННЦ ХФТІ) для елементів із  $Z=13-40$

Для проведення кількісного аналізу використовується метод зовнішнього стандарту, тому паралельно з досліджуваними зразками ґрунту вимірюють спектри стандартних зразків (СЗ) порівняння чорнозему СП-1. Матриця стандартних зразків подібна матриці аналізованих проб, що дозволяє піти від необхідності внесення виправлень, пов'язаних із впливом на остаточний результат матричного ефекту. Підвищення точності аналізу досягається проведенням декількох вимірів спектрів рентгенівського випромінювання для кожного зразка в однакових умовах ( $n=3$ ). Також для поліпшення вимірів методом ХРВ за різних умов проводиться роздільний вимір області легких ( $Z=14-26$ ) і важких ( $Z=27-82$ ) елементів. Межа виявлення у всіх випадках залежить від умов вимірів і порядкового номера елемента  $i$ , у найкращому разі, дорівнює  $10^{-3}$  % масових.

Для наявного відображення інформації досліджувані точки доцільно згрупувати у 4 зони: зона без впливу техногенних факторів (тт. 1, 3, 4, 5, 7, 9, 29), зона впливу дослідного виробництва (ДВ) (тт. 11, 12, 14, 16, 19), зона впливу інституту (2, 6, 8, 10, 17, 18), зона впливу автотранспортних засобів (13, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30). Результати кількісного аналізу елементного складу ґрунтів по всіх точках порівнювали з вимірами фонових значень вмісту важких металів у ґрунтах України, значеннями вмісту мікроелементів у ґрунтах СРСР та ГДК, які скомпільовані в роботі [3]. Також було використано дані середнього вмісту хімічних елементів у ґрунтах [8].

Оцінку екологічного стану ґрунтів, як індикатора несприятливого впливу на здоров'я населення, проводили за двома показниками – коефіцієнту небезпеки хімічної речовини ( $K_{H_{ci}}$ ) і сумарному показнику забруднення (СПЗ) ( $Z_c$ ).  $K_{H_{ci}}$  визначається відношенням фактичного вмісту обумовленої речовини в ґрунті ( $C_i$ ) до ГДК або регіонального фонового вмісту ( $C_{\phi i}$ )

$$K_{H_{ci}} = \frac{C_i}{C_{\phi i}}.$$

Сумарний показник забруднення (СПЗ) дорівнює сумі коефіцієнтів небезпеки хімічних елементів – забруднюючих речовин і виражається такою формулою:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_{H_{ci}} - (n - 1),$$

де  $n$  – число забруднюючих речовин, для яких обчислюється показник забруднення;  $K_{H_{ci}}$  – коефіцієнт небезпеки  $i$ -го компонента забруднення.

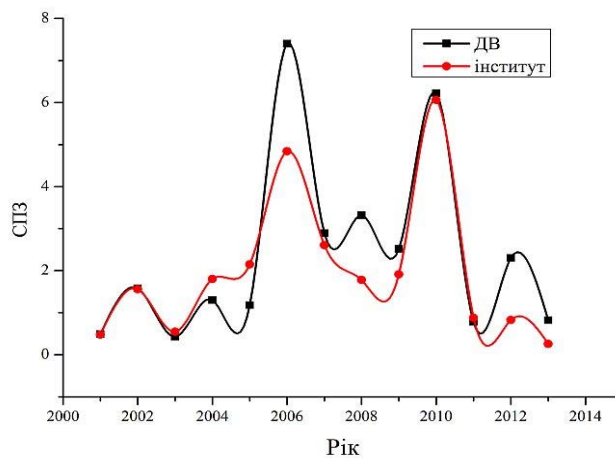
Оцінку ступеня небезпеки забруднення ґрунтів комплексом металів за показником Zc виконано за оцінювальною шкалою згідно з методичними вказівками [9]. Діапазон коливань сумарного показника забруднення (СПЗ) може змінюватися від значень менше 16 (для припустимого рівня забруднення ґрунтів) до значень більше 128 (для надзвичайно небезпечного рівня забруднення, за якого спостерігається збільшення захворюваності дитячого населення, порушення репродуктивної функції жінок (збільшення випадків токсикозу під час вагітності, передчасних пологів, мертвонароджуваності та гіпотрофій немовлят).

**Результати та їх обговорення.** У результаті проведених вимірів отримано масив значень концентрацій хімічних елементів у ґрунті території житлового селища за період 2001-2013 рр., де кожне значення прив'язане до конкретного місця розташування на досліджуваній території. Результати вимірів першого року спостережень показали таке:

- для зони без впливу техногенних факторів кількість хімічних елементів перебуває на рівні середніх значень;
- для зони впливу дослідного виробництва (ДВ) в деяких точках кількість Cr, Ni, Cu, Zr перебільшує ГДК в 1,5 раза;
- для зони впливу інституту у точках виходу очисних споруд на рівні граничних значень перебуває вміст Cu, Pb, As;
- для зони впливу автотранспортних засобів характерним є перевищення ГДК для Ni, Cu, Pb.

Також характерною рисою ґрунтів житлового селища є значне перевищення вмісту цирконію (Zr).

Подальші виміри (2002-2012 рр.) показують загальну тенденцію збільшення вмісту важких металів у всіх зонах спостереження. Максимальні коефіцієнти небезпеки виявлено для Cr, Ni, Cu, Zn, Zr, Pb, для яких обчислено СПЗ (рис. 3). З графіку видно що, інтенсивного забруднення територія житлового селища зазнала у 2006 та 2010 роках. Зараз вплив ННЦ ХФТІ перебуває на рівні 2001 року, але, як і раніше, поширюється забруднення навколишнього середовища автотранспортними засобами. Для результатів останнього року спостережень (2013 р.) у місцях прилеглих до окружної дороги з інтенсивним рухом (т.т. 15, 20) поменшилась кількість життєво необхідних макро- та мікроелементів (Na, Mg, K, Ca, Ti, Fe, Li, F, Br, Rb) і на цьому тлі збільшився вміст важких металів.



**Рис. 3.** Динаміка змін сумарного показника забруднення (СПЗ) ґрунту у зонах дії дослідного виробництва (ДВ) та інституту

Виміри вмісту елементів, віднесених до групи важких металів (ВМ), у ґрунтового профілі демонструють наявність їх перебільшення на глибині порівняно з

поверхневим шаром (табл. 2). Порівняння зі значеннями ГДК по всіх елементах виявляють їх перебільшення в 1,5-5 разів.

**1. Результати виміру вмісту хімічних елементів у ґрунті в різних зонах впливу техногенних факторів за 2013 рік**

Хімічний елемент	Вміст хімічних елементів, мг/кг							
	Зона впливу дослідного виробництва		Зона впливу інституту		Зона впливу автотранспортних засобів		Зона без впливу техногенних факторів	Середній вміст [8]
	т. 16	т. 19	т. 2	т. 17	т. 15	т. 20	т. 4	
Na	5200	5300	5600	5800	5000	2100	5800	6000
Mg	6500	5100	7900	6200	5100	2500	4400	6000
K	16196	17477	15322	16769	8266	9398	16578	15000
Ca	21949	8281	8767	25244	13254	9452	8305	15000
Ti	4988	4789	4729	4421	2398	3354	4293	4600
Mn	702	659	583	977	595	495	457	850
Fe	36143	31824	35398	36595	22896	19166	33534	38000
Li	24	22	19	22	10	12	19	30
F	164	157	160	190	60	95	142	200
V	105	99	78	98	49	60	59	100
Cr	130	103	51	152	76	77	31	200
Co	10	11	7	11	4	4	6	8
Ni	63	41	23	78	18	21	17	40
Cu	32	26	12	34	9	10	10	20
Zn	55	214	65	78	107	53	123	50
Br	55	66	48	59	5	3	31	5
Rb	83	80	93	79	34	38	89	100
Sr	126	205	142	140	111	102	115	300
Y	22	20	17	32	18	6	36	50
Zr	421	396	358	226	327	239	305	300
Ba	460	916	523	581	256	372	429	500
Pb	18	25	20	16	10	8	10	10

**2. Розподіл забруднюючих елементів по глибині ґрунту**

Хімічний елемент	Вміст хімічних елементів у шарах ґрунту (від 0 до 0,5 м), мг/кг									ГДК
	т. 13			т. 18			т. 37			
	0-0,1	0,2-0,3	0,4-0,5	0-0,1	0,2-0,3	0,4-0,5	0-0,1	0,2-0,3	0,4-0,5	
Cr	128	84	149	124	89	108	67	85	86	100
Co	35	32	24	12	15	12	10	17	17	5
Ni	93	138	79	37	49	44	26	50	57	35
Cu	78	108	58	18	32	28	12	43	55	23
Zn	248	167	125	81	119	83	53	106	107	110
Zr	1063	1360	296	281	453	552	342	353	407	-
Pb	29	22	31	10	14	25	21	50	55	20

**Висновки.** Сучасний стан ядерно-фізичних методів аналізу (ЯФМА) з іонним порушенням дозволяє широко використовувати їх для аналізу елементного складу речовин різного походження, в тому числі, ґрунту. За результатами моніторингу екологічного стану ґрунту житлового селища поблизу ННЦ ХФТІ за період 2001-2013 років виявлено, що у ґрунті дослідженого населеного пункту з початку 21 століття спостерігається постійне зростання вмісту валових форм більшості хімічних елементів, що відносяться до групи важких металів (Cu, Zn, Cr, Co, Ni, Pb, Zr), але останніми роками їх збільшення викликано посиленням інтенсивності руху автотранспортних засобів біля житлового селища.

У точках спостереження вздовж доріг з інтенсивним рухом також виявлено мінімальні кількості життєво необхідних елементів (Mg, Ca, K, Na, Ti, Fe). На глибині відбувається накопичення й акумуляція вмісту важких металів незалежно від їхньої кількості в приповерхневому шарі ґрунту й розташування точки дослідження відносно джерел забруднення.

### Список використаної літератури

1. *Левенец В.В.* Применение ядерно-физических методов для элементного анализа вещества / В.В. Левенец, В.М. Ажажа // ISPM-7. Физические и ядерно-физические методы анализа. - 1999. - С. 138-141.
2. *Гулько С.О.* Кадмії у ґрунтах міста Дніпродзержинськ / С.О. Гулько // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Медицина. - 2011. - Вип. 2. - Т. 1. - С. 24-30.
3. *Кураєва І.В.* Оцінка вмісту важких металів та умов їх міграції в агроландшафтах Тернопільської області / І.В. Кураєва, І.В. Рога, Л.Ю. Сорокіна, А.Г. Голубцов // Український географічний журнал. - 2012. - № 3. - С. 25-33.
4. *Тютюнник Ю.Г.* Техногенне забруднення міських ґрунтів України (феноменологічний аналіз) // Ю.Г. Тютюнник, Б.А. Горлицький // Доповіді НАН України. – 2000. - № 6. - С. 208-211.
5. *Самохвалова В.* Еколого-геохімічні дослідження вмісту різних форм Co, Ni, Cr у ґрунтах різного генезису в Україні / В. Самохвалова, А. Фатєєв, Є. Лучникова, О. Ликова // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. - 2012. – Вип. 60. - С. 171-181.
6. *Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства.* – [Дата введения 10.03.1992] - М.: ЦИНАО, 1992. – 50 С.
7. *Бондаренко В.Н.* Аналитический ядерно-физический комплекс ННЦ ХФТИ «Сокол» / В.Н. Бондаренко, Л.С. Глазунов, А.В. Гончаров, А.В. Зац, В.В. Кузьменко, В.В. Левенец, А.П. Омельник, В.М. Пистряк, В.И. Сухоставец, А.А. Щур, Н.П. Усиков // Международная конференция «Современные проблемы ядерной физики и атомной энергетики». – Киев. 29.05-03.06.2006. Тезисы. – С. 852-857.
8. *Виноградов А.П.* Геохимия редких и рассеянных элементов в почве / А.П. Виноградов – Москва: Изд-во АН СССР, 1957 – 238 С.
9. *Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест: МУ 2.1.7.730-99* [Электронный ресурс] – [Дата введения 05.04.1999] - М: Минздрав России, 1999. - [http://snipov.net/c\\_4655\\_snip\\_99446.html](http://snipov.net/c_4655_snip_99446.html).

*Стаття надійшла до редколегії 01.02.2015*

### CHARACTERISTIC OF THE STATE OF TECHNOGENIC CHANGED SOILS OF RESIDENTIONAL TOWNSHIP

**V.V. Levenets, V.A. Diorditsa, A.A. Shchur, N.A. Avramenko,  
E.I. Evseeva, M.P. Usikov**

**Institute of Solid State Physics, Materials Science and Technology of the National Science Center "Kharkiv Institute of Physics and Technology" (ISSPMST NSC KIPT)**  
1, Academicheskaya Str., 61108, Kharkiv, Ukraine, Tel.: +0380573356829,  
([levenets@kipt.kharkov.ua](mailto:levenets@kipt.kharkov.ua))

The results of a comprehensive observation of the soils of a residential township during 2001-2013 are presented. Soil samples taken from the area adjacent to the enterprise which is engaged in the investigation and development of materials for nuclear power engineering (color of territory NSC KIPT is black) (Fig.1). The aim of the work is to determine the extent of changes in the content of chemical elements in the soils which is exposed to anthropogenic factors and to receive their distribution in the depth. Analysis of the samples was carried out using nuclear-physical methods of analysis (NPMA) of beams of accelerated ions (a technique proton induced X-ray emission (PIXE) (Z=14-82) and proton induced gamma-ray emission (PIGE) (Z=3-13)) at the nuclear complex «Sokol» developed in NSC KIPT in 1989. Fig.2 shows a typical X-ray spectrum emitted from the soil sample №18 taken with PIXE for Z=13-40. The assessment of the ecological status of soils was carried out using coefficient of danger of chemical substances and total contamination index. For the study area maximum coefficients was obtained for Cr, Ni, Cu, Zn, Zr, Pb. For them, we calculated the total contamination index (Fig.3). The results of the last year of observation for the different zones of influence of anthropogenic factors are given in Table.1. In soil profile it was observed accumulation of heavy metals regardless of their number in the near-surface layers (Table 2). Beginning with the 21st century in the studied soils we observed increase in content of heavy metals (Cu, Zn, Cr, Co, Ni, Pb, Zr). In recent years, this is caused by the increased movement of vehicles. At points along the road received the minimum number of essential elements (Na, Mg, K, Ca, Ti, Fe, Li, F, Br, Rb). For a comprehensive description of the ecological status of contaminated soils requires the identification of all chemical elements of the soil. Using nuclear-physical methods of analysis of beams of accelerated ions (PIXE and PIGE) allows solving these problems.

**Key words:** soil monitoring; quantitative analysis; chemical elements; nuclear-physical methods of analysis (NPMA) of beams of accelerated ions.