

УДК 504.54.062

ЕКОЛОГО-ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА УТИЛІЗАЦІЇ МУЛОВИХ ОСАДІВ МІСЬКИХ СТИЧНИХ ВОД В ТЕХНОГЕННИХ ЛАНДШАФТАХ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ПОКЛАДІВ ЗАЛІЗНОЇ РУДИ

Григоренко Л.В., Дзяк М.В., Шевченко О.А.

ДЗ „Дніпропетровська медична академія” МОЗУ, м. Дніпропетровськ

Актуальність. Одним з альтернативних шляхів утилізації мулових осадів міських стічних вод (ОСВ) є використання їх при зрошуванні сільськогосподарських полів. Однак, при нерациональному застосуванні ОСВ відбувається забруднення навколишнього середовища, що спричиняє гальмування процесів самоочищення, погіршення санітарного стану джерел водопостачання, якості води і санітарного стану ґрунту [1]. На сьогодні, в Україні використовується майже єдиний спосіб утилізації ОСВ – складування [2]. Небезпека при складуванні ОСВ пов'язана з міграцією важких металів (ВМ) з ОСВ у ґрунт та водойми [3]. Зважаючи на численні екологічні негаразди, пов'язані з утилізацією ОСВ, актуальним є запропонований співробітниками кафедри гігієни та екології новий підхід до використання ОСВ для ландшафтної рекультивациі в техногенних ландшафтах відпрацьованих покладів залізної руди, який дозволяє уникнути усіх екологічних проблем, пов'язаних з епідеміологічною, токсикологічною, радіаційною, а також генотоксичною безпекою ОСВ, та запобігти міграції ВМ до організму людини за екологічними ланцюжками.

Метою роботи було дати еколого-гігієнічну оцінку небезпеки забруднення ґрунту кар'єру в натурному експерименті штучного утворення техногенних ландшафтів в місцях відпрацьованих покладів залізної руди при застосуванні ОСВ.

Матеріали і методи дослідження. Зразки ґрунту з дослідних ділянок кар'єру відбирали згідно ДСТУ [4,5]. Підготовлені зразки ґрунту після висушування та озоління досліджували на вміст ВМ методом полум'яної атомно-абсорбційної спектрофотометрії на приладі ААС-ІН (Німеччина), згідно з рекомендаціями [6]. Окрім валових концентрацій, у ґрунті були досліджені концентрації рухомих і водорозчинних форм

ВМ [7].

Еколого-гігієнічну оцінку рівня забруднення ґрунту ВМ проводили за геохімічними та гігієнічними критеріями [8]. При оцінці забруднення ґрунту за геохімічними критеріями визначали коефіцієнти концентрації ВМ (K_c), які розраховуються як співвідношення фактичного вмісту ВМ у ґрунті до його фонового вмісту ($C_{\text{фон}}$): $K_c = C/C_{\text{фон}}$, де $C_{\text{фон}}$ – фонові концентрації ВМ у ґрунті (мг/кг).

Дослідження стану поверхневих вод територій, прилеглих до відвалів кар'єру Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату (ІнГЗК) проводили для виявлення потенційного впливу відвалів розкривних порід на стан поверхневих водотоків та водойм. Лабораторні дослідження зразків з поверхневих водотоків та водойм в зоні впливу відвалів (№2 і 3) кар'єру ІнГЗК проводили на визначення органолептичних показників, фізико-хімічного складу – іонів кальцію (Ca^{2+}), магнію (Mg^{2+}), натрію (Na^+), калію (K^+), сульфатів (SO_4^{2-}), хлоридів (Cl^-), гідрокарбонатів (HCO_3^-), сухого залишку, загальної жорсткості, нітрат-іонів (NO_3^-) та нітрит-іонів (NO_2^-) та інших показників.

Статистичну обробку отриманих результатів проводили методами параметричної і непараметричної статистики з використанням ліцензійної прикладної програми Statistica 5.5, Statsoft Inc. (1999) з розрахунками середніх значень (M), їх похибки – (m), достовірності результатів (p), критеріїв Ст'юдента (t), Мана-Уїтні, Колмогорова-Смирнова [9,10,11,12].

Результати дослідження та їх обговорення. В ґрунтах усіх дослідних ділянок кар'єру валові форми свинцю, кадмію, марганцю, нікелю і хрому не перевищували фонові концентрації, а також ГДК і кларки, встановлені для цих ВМ, окрім міді ($7,11 \pm 0,31$) мг/кг і цинку ($15,00 \pm 0,31$) мг/кг,

вміст яких перевищував фонові концентрації міді ($1,83 \pm 0,23$) мг/кг у 3,88 разів та цинку ($5,45 \pm 0,42$) мг/кг у 2,75 разів при застосуванні ОСВ з 6 місячним терміном витримки. За величиною сумарного показника забруднення ($Z_c=1,63$) дослідні ділянки ґрунту, де застосовувались ОСВ 6 місячної витримки у концентрації (15 кг/м^2), характеризуються допустимим рівнем забруднення ВМ. При застосуванні ОСВ з 1 річним терміном витримки на мулових майданчиках очисних споруд, у ґрунтах всіх дослідних ділянок валові форми Pb, Cd, Mn, Ni, Cr жодного разу не перевищували фонових концентрацій, а також ГДК та кларків, окрім Cu ($5,38 \pm 0,29$) мг/кг, вміст якого перевищував фоновий у 2,94 рази, та Zn ($20,00 \pm 0,31$) мг/кг, вміст цьо-

го ВМ був вищим за фоновий у 3,67 разів. При цьому, за величиною $Z_c=1,61$, рівень забруднення ґрунту ВМ характеризувався як допустимий.

Як видно з (рис. 1), при внесенні до ґрунту ОСВ з 1,5-2 річним терміном витримки у концентрації (15 кг/м^2), спостерігається перевищення вмісту таких ВМ як мідь і цинк відповідно у 4,87 разів і 2,75 разів (ОСВ 1,5 річної витримки) та у 3,44 рази і 3,73 рази (ОСВ 2-річної витримки), що в обох випадках ($Z_c=2,62$ і $Z_c=2,17$) відповідає помірно небезпечному рівню забруднення ґрунту міддю та цинком. Інші досліджувані ВМ (Pb, Cd, Mn, Ni, Cr) не перевищували фонові концентрації, або ГДК чи кларки.

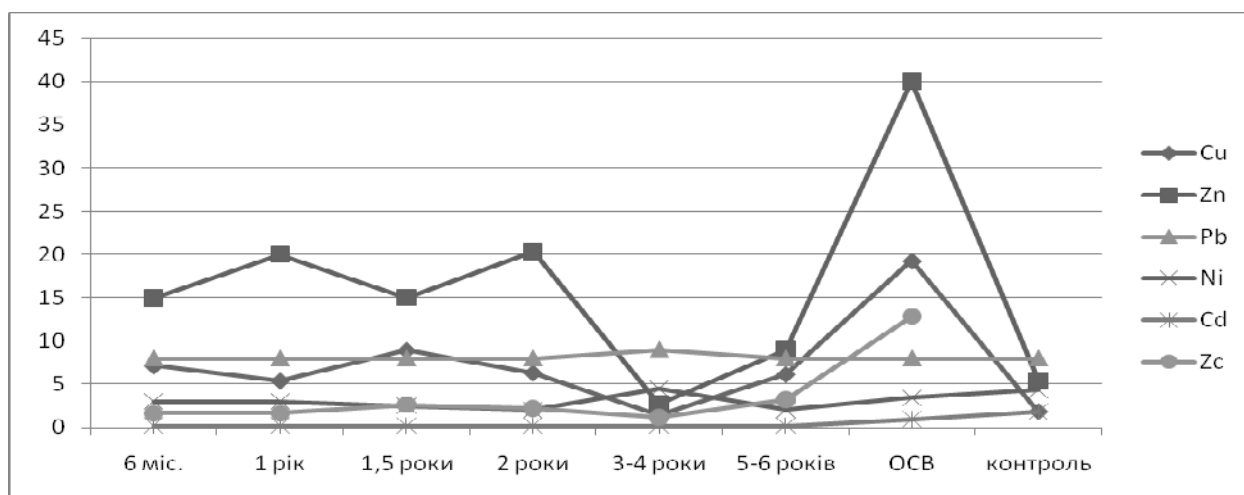


Рисунок 1. Кратність перевищення фонових концентрацій важких металів (K_c) та їх сумарні показники забруднення (Z_c) при внесенні ОСВ (у концентрації 15 кг/м^2) з різними термінами витримки у ґрунти дослідних ділянок кар'єру.

При збільшенні періоду витримки ОСВ до 3-4 років, у ґрунті дослідних ділянок знаходили вміст ВМ: кадмію, марганцю, міді, цинку, хрому на рівні фонового, менше за величину ГДК для валових форм цих ВМ, менше за їх кларкові значення. Однак, вміст валових форм свинцю ($9,00 \pm 0,44$) мг/кг ґрунту і нікелю ($4,50 \pm 0,30$) мг/кг ґрунту був вищим за фоновий для обох ВМ відповідно у 1,12 рази ($8,00 \pm 0,02$) мг/кг та 1,04 рази ($4,33 \pm 0,42$) мг/кг, що відповідає допустимому рівню забруднення ґрунту свинцем і нікелем ($Z_c=1,16$).

Результати натурного експерименту свідчать, що найвищий рівень забруднення ВМ дослідних ділянок ґрунту відбувається

при застосуванні ОСВ з 5-6 річним терміном витримки у концентрації (15 кг/м^2), що відповідає помірно небезпечному рівню забруднення ґрунту ($Z_c=3,19$) кадмієм, міддю та цинком. Валовий вміст кадмію ($0,96 \pm 0,04$) мг/кг був вищим за фоновий ($0,30 \pm 0,09$) мг/кг у 3,2 рази; міді ($6,14 \pm 0,29$) мг/кг – у 3,35 разів та цинку ($8,96 \pm 0,26$) мг/кг – у 1,64 рази. Вміст валових форм свинцю, марганцю, нікелю і хрому не перевищував фоновий, ГДК або кларків для цих ВМ в усіх дослідних ділянках ґрунту.

При внесенні до ґрунту дослідних ділянок ОСВ (30 кг/м^2) з 6 місячним терміном витримки було зареєстровано вірогідно високі концентрації валових форм міді

(24,27±0,26) мг/кг з перевищенням фонові концентрації (1,83±0,23) мг/кг у 13,3 рази ($p<0,001$), що відповідає дуже небезпечному рівню забруднення ґрунту. Валові форми марганцю (55,22±0,28) мг/кг і цинку (20,23±0,19) мг/кг перевищували фонові концентрації, значення коефіцієнтів концентрації цих ВМ становили ($K_c=3,0$ та 3,71), що відповідає помірно небезпечному рівню забруднення ґрунту цими ВМ. Зокрема, ґрунт дослідних ділянок, куди вносились ОСВ з 6-місячним терміном витримки на мулових майданчиках очисних споруд, за величиною сумарного показника забруднення марганцем, міддю і цинком відповідав помірно небезпечному рівню забруднення ($Z_c=20,01$). Вірогідно високі концентрації валових форм марганцю (45,33±0,24) мг/кг, міді (15,48±0,23) мг/кг та цинку (53,72±0,20) мг/кг було виявлено у ґрунті дослідних ділянок ($p<0,001$), де використовували ОСВ з

1-річною витримкою, при цьому значення коефіцієнтів концентрації становлять ($K_c=2,49$, 8,46 та 9,86) відповідно, що характеризує помірно небезпечний рівень забруднення ґрунту марганцем та дуже небезпечний – міддю і цинком.

У ґрунті дослідних ділянок, де використовували ОСВ із концентрацією (30 кг/м²) з різними термінами витримки (від 6 місяців до 5-6 років), вміст валових, рухомих і водорозчинних форм ВМ (Pb, Cd, Ni, Cr) знаходився на рівні <0,01 мг/кг.

Як видно з (рис. 2), зі збільшенням терміну витримки ОСВ, вміст валових форм ВМ у ґрунті дослідних ділянок збільшувався. Так, при застосуванні ОСВ (30 кг/м²) з 1,5-2 річною витримкою, валові форми марганцю – (75,66±0,28 та 80,00±0,26) мг/кг вірогідно перевищували фонові концентрації у 4,16 та 4,39 разів, що відповідає небезпечному рівню забруднення ґрунту цим ВМ ($p<0,001$).

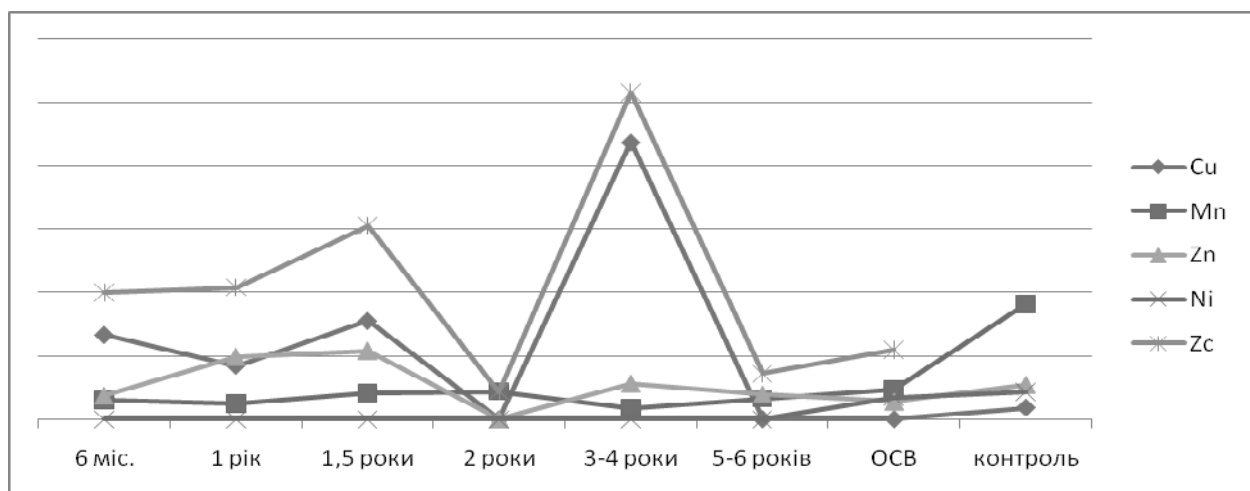


Рисунок 2. Кратність перевищення фонових концентрацій важких металів (K_c) та їх сумарні показники забруднення (Z_c) при внесенні ОСВ (у концентрації 30 кг/м²) з різними термінами витримки у ґрунті дослідних ділянок кар'єру.

В ґрунтах дослідних ділянок кар'єру валові форми свинцю, кадмію, марганцю, нікелю і хрому не перевищували ГДК і кларки, встановлені для цих ВМ, окрім міді. Вміст валових форм цього ВМ (80,00±0,26) мг/кг вірогідно перевищував фонову концентрацію (1,83±0,23) мг/кг у 43,7 рази ($p<0,001$) та ГДК у 1,45 разів, при використанні ОСВ 3-4 річної витримки у концентрації (30 кг/м²).

Результати натурного експерименту [13,14,15,16,17] свідчать, що високий рівень

забруднення ґрунту ВМ відбувається при застосуванні ОСВ з 5-6 річним терміном витримки у концентрації (30 кг/м²). Валовий вміст марганцю (60,00±0,26) мг/кг був вірогідно вищим за фоновий (18,19±0,29) мг/кг у 3,29 рази та цинку (21,20±0,26) мг/кг – у 3,89 рази. Вміст інших ВМ – свинцю, кадмію, міді, нікелю і хрому не перевищував фоновий, ГДК або кларків в усіх дослідних ділянках ґрунту.

Проведений аналіз лабораторних даних за період 2000-2009 рр., свідчить що пе-

ревищення ГДК у поверхневих водах в зоні впливу відвалів кар'єру ІнГЗК за фізико-хімічними показниками встановлено за величиною сухого залишку (2,14-2,56 ГДК);

загальної жорсткості (2,1-2,7 ГДК) на території відвалу №2 й (2,3-2,9 ГДК) на території відвалу №3; вмістом заліза (1,8-2,1 ГДК) (табл. 1).

Таблиця 1. Вплив відвалів (№2 і 3) розкривних порід кар'єру ІнГЗК міста Кривого Рогу на хімічний склад поверхневих вод.

Показник		Одиниця виміру	ГДК*	Місце відбору проб	
				відвал №3	відвал №2
Сухий залишок		мг/дм ³	1000	2560	2143
Жорсткість загальна		мг-екв/дм ³	7-9	20,35	18,84
рН			6,5-8,5	7,4	7,9
Окислюваність		О ₂ /дм ³	-	8,0	7,04
Залізо (Fe)		мг/дм ³	0,3	0,54	0,62
Аніони	Хлориди (Cl ⁻)	мг/дм ³	350	817,48	593,75
	Сульфати (SO ₄ ²⁻)	мг/дм ³	500	718,30	685,39
	Гідрокарбонати (HCO ₃ ⁻)	мг/дм ³	-	231,86	231,86
	Нітрати (NO ₃ ⁻)	мг/дм ³	45	9,83	8,96
	Нітриди (NO ₂ ⁻)	мг/дм ³	3,3	0,03	0,04
Катіони	Кальцій (Ca ²⁺)	мг/дм ³	180	176,23	171,19
	Магній (Mg ²⁺)	мг/дм ³	40	140,53	125,26
	Натрій+Калій (Na ⁺ +K ⁺)	мг/дм ³	-	503,54	397,40
	Амоній (NH ₄ ⁺)	мг/дм ³	2	2,3	<0,01

Примітка. * – згідно СанПиН №4630-88 „Охрана поверхностных вод от загрязнения”.

Якість поверхневих вод річки Інгулець в зоні впливу відвалів кар'єру ІнГЗК характеризується перевищенням санітарних нормативів за вмістом аніонів та катіонів: хлоридів (1,7-2,3 ГДК); сульфатів (1,37-1,43 ГДК); магнію (3,1-3,5 ГДК); амонію

(1,15 ГДК) (рис. 3,4). За іншими показниками – окислюваністю, вмістом аніонів (HCO₃⁻, NO₃⁻ та NO₂⁻) та катіонів (Ca²⁺ і Na⁺+K⁺) перевищення гігієнічних нормативів не реєструвалося.

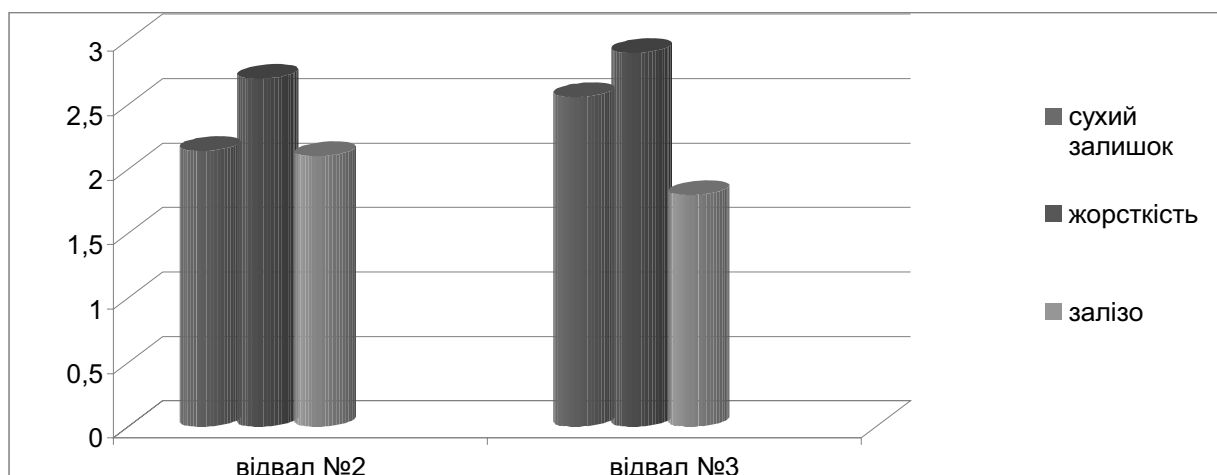


Рисунок 3. Вміст сухого залишку, загальної жорсткості і заліза в поверхневих водах у зоні впливу відвалів (№2 і 3) кар'єру ІнГЗК, відносно гранично допустимих концентрацій (ГДК).

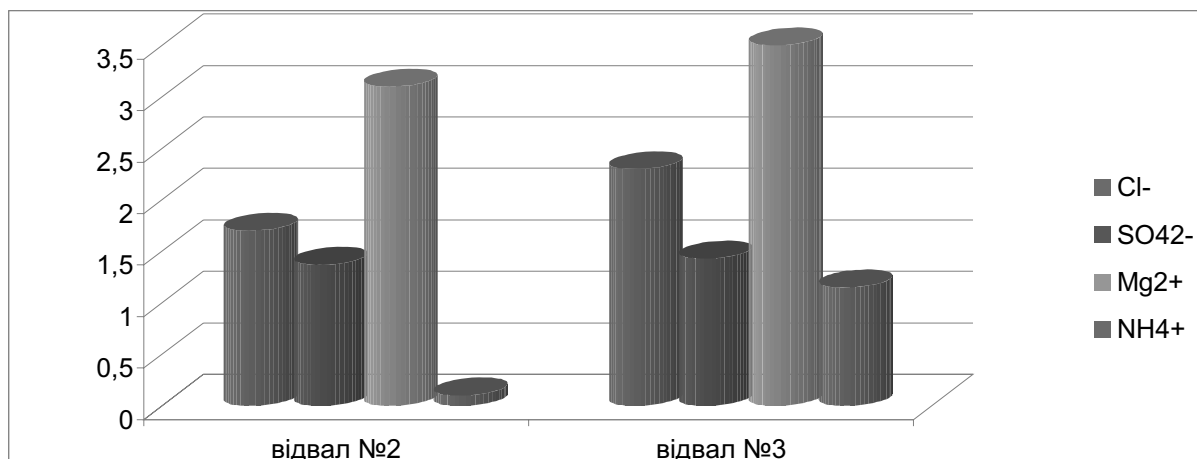


Рисунок 4. Вміст аніонів (Cl, SO₄²⁻) та катіонів (Mg²⁺, NH₄⁺) у поверхневих водах в зоні впливу відвалів (№2 і 3) кар'єру ІНГЗК, відносно гранично допустимих концентрацій (ГДК).

Поверхневі водотоки в зоні впливу відвалів кар'єру Інгuleцького гірничо-збагачувального комбінату міста Кривого Рогу можна вважати помірно забрудненими

катіонами Mg²⁺ (від 3,1 до 3,5) ГДК та допустимо забрудненими аніонами Cl, SO₄²⁻, HCO₃⁻, NO₃⁻ та NO₂⁻ та катіонами NH₄⁺, Ca²⁺, Na⁺+K⁺ у межах (1,15–2,3) ГДК.

Висновки

1. Визначено, що розрахункові концентрації хімічних речовин у поверхневих водотоках, найбільш близько розташованих до відвалів розкривних порід кар'єру Інгuleцького гірничо-збагачувального комбінату, за період з 2000 до 2009 рр. перевищували граничнодопустимі концентрації за вмістом заліза (1,8-2,1 ГДК); хлоридів (1,7-2,3 ГДК); сульфатів (1,37-1,43 ГДК); магнію (3,1-3,5 ГДК); амонію (1,15 ГДК), що відповідає характеристиці „допустимого” забруднення. За вмістом катіонів Mg²⁺ (3,1-3,5 ГДК) поверхневі водотоки належать до категорії „помірно небезпечно” забруднених, згідно СанПіН 4630-88 „Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения”.

2. З'ясовано, що за хімічним складом вода поверхневих водотоків відноситься до сульфатно-хлоридного кальцієво-магнієво-натрієвого типу з мінералізацією (2,2-2,6) г/дм³ і загальною жорсткістю (18,8-20,3) мг екв /дм³. За величиною загальної жорсткості поверхневі води характеризуються як „жорсткі”, за сумою мінеральних речовин „слабкосолонуваті”.

3. Доведено, що вміст валових, рухомих та водорозчинних форм важких металів (Pb, Cd, Zn, Mn, Cu, Cr, Ni) у ґрунтах відвалів розкривних порід кар'єру Інгuleцького гірничо-збагачувального комбінату міста Кривого Рогу не перевищував граничнодопустимих концентрацій, що виключає здатність важких металів мігрувати в ґрунт та підземні води з розкривних порід кар'єру за водно-міграційним показником шкідливості.

4. Встановлено, що осади міських стічних вод зі станцій аерації міста Кривого Рогу не мають перевищення граничнодопустимих концентрацій важких металів лише за умови їх 1,5-3 річної витримки, тому при застосуванні зрілих осадів стічних вод на поверхні порідних відвалів кар'єру Інгuleцького гірничо-збагачувального комбінату їх внесення не зашкодить вторинним екосистемам через токсичний вплив, а тільки наблизить вміст важких металів до рівнів регіональних кларків.

5. Визначено, що осади міських стічних вод у двох варіантах кількостей (15 і 30) кг/м² є нешкідливими за вмістом важких металів (Pb, Cd, Zn, Mn, Cu, Cr, Ni) і рекомендуються як «придатні» для проведення ландшафтної рекультивації вторинних екосистем за обов'язкової умови використання зрілих (1,5-3 річної витримки) осадів міських стічних вод та систематичного лабораторного контролю закладами санітарно-епідеміологічної служби.

ЛІТЕРАТУРА

1. Станкевич В.В. Гігієнічні аспекти використання промислових стічних вод для зрошення сільськогосподарських земель /В.В. Станкевич, С.Б. Тарабарова //XIX Международная научно-практическая конференция и выставка-ярмарка [«Казантип –ЭКО-2011. Инновационные пути решения актуальных проблем базовых отраслей, экологии, энерго- и ресурсосбережения»], (6-10 июня 2011, АР Крым, мыс Казантип, г. Щёлкино). –Харьков: УкрГНТЦ „Енергосталь”. –С. 167-170.
2. Гриценко А.В. Технологические основы промышленной переработки отходов мегаполиса: уч. пособие /А.В. Гриценко, Н.П. Горох, И.В. Коринько [и др.]. –Харьков: ХНАДУ, 2005. –С. 162-173.
3. Горох Н.П. Экологическая оценка вредных веществ при комплексной утилизации муниципальных отходов /Н.П. Горох //Коммунальное хозяйство городов. –2005. –№63. –С. 172-181.
4. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического и гельминтологического анализа : ГОСТ 17.4.3.01.-86. –М., –1986. –24 с.
5. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 1. Настанови щодо складання програм відбирання проб: ДСТУ ISO 10381-1: 2004. –Київ: Держспоживстандарт України, –2006. –31 с. –(Національний стандарт України).
6. Хавезов И. Атомно-абсорбционный анализ /И. Хавезов, Д. Цалев. –Л.: Химия, –1983. –143 с.
7. Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом. Методические указания: РД 52.18.191-89. –М.: МЗ СССР, –1989. –27 с.
8. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами №4266-87. –[Действующие от 13.04.87 г.]. - М.: МЗ СССР, –1987. –25 с.
9. Лисицын Ю.П. Руководство по социальной гигиене и организации здравоохранения в 2-х томах. Т.1 /Ю.П. Лисицын, Е.Н. Шиган, И.С. Случанко и др. Под ред. Ю.П. Лисицына. –М.: Медицина, –1987. –432 с.
10. Сепетлиев Д. Статистические методы в научных медицинских исследованиях /Д. Сепетлиев. –М.: Медицина, –1968. –415 с.
11. Медицинская статистика /Под ред. Сепетлиева Д. и Паскалева Т. –София: Мед. и физкультура, 1968. –535 с.
12. Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных /М.Ю. Антомонов. –К., 2006. –558 с.
13. Вплив осадів господарсько-побутових стічних вод на мікробіоценоз техногенно порушених ґрунтів кар'єру Південного гірничо-збагачувального комбінату /Дзяк М.В., Шевченко О.А., Григоренко Л.В. [та ін.] //Вісник гігієни та епідеміології. –Том 15, №1, 2011 (Додаток). –С. 217-218.
14. Дзяк М.В. Сучасні аспекти ландшафтної рекультивації відпрацьованих кар'єрів Криворізького залізорудного басейну /М.В. Дзяк //Матеріали XI наукової конференції студентів та молодих учених [„Новини і перспективи медичної науки”]. –Частина 1. –Дніпропетровськ, –2011. –С. 77-78.
15. Дзяк М.В. Еколого-гігієнічна оцінка використання осадів стічних вод в сучасному землеробстві /Дзяк М.В., Шевченко О.А., Григоренко Л.В. //VI Всеукраїнська науково-практична конференція [„Охорона навколишнього середовища промислових регіонів як умова сталого розвитку України”]. –Запоріжжя, –2010. –С. 84-87.
16. Дзяк М.В. Еколого-гігієнічні аспекти використання осадів стічних вод –відходів IV класу небезпеки для ландшафтної рекультивації відпрацьованих кар'єрів /Дзяк М.В., Григоренко Л.В., Шевченко О.А. //XIX Международная научно-практическая конференция и выставка-ярмарка [«Казантип –ЭКО-2011. Инновационные пути решения актуальных про-

- блем базових отраслей, экологии, энерго- и ресурсосбережения»], (6-10 июня 2011, АР Крым, мыс Казантип, г. Щёлкино). –Харьков: УкрГНТЦ „Энергосталь”. –С. 53-56.
17. Дзяк М.В. Еколого-гігієнічна оцінка утилізації мулових осадів міських стічних вод в техногенних ландшафтах вторинних екосистем /Дзяк М.В., Григоренко Л.В., Шевченко О.А. //Международная научно-практическая конференция [«Экологические проблемы Чёрного моря»], (27-28 октября 2011, Одесса). –Одесса: «Инвац», –2011. –С. 115-118.

**ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УТИЛИЗАЦИИ ИЛОВЫХ
ОСАДКОВ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД В ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ
ОТРАБОТАННЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ**

Григоренко Л.В., Дзяк Н.В., Шевченко А.А.

Установлено, что иловые осадки городских сточных вод очистных сооружений города Кривого Рога являются безвредными по содержанию валовых, подвижных и водорастворимых форм тяжёлых металлов (Cr, Cu, Ni, Cd, Mn, Pb, Zn). Обнаружено достоверное превышение содержания подвижных форм Cr в 3,3 раза во всех опытных участках почвы и в контрольном участке, что соответствует очень опасному уровню загрязнения почвы, но по величине кратности превышения ПДК тяжёлых металлов (1-10 ПДК), осадки городских сточных вод рекомендуются как пригодные для ландшафтной рекультивации в местах отработанных залежей железной руды.

**EKOLOGO-HYGIENIC ESTIMATION OF DEPOSITS OF CITY SEWAGE UTILIZATION
IN THE TECHNOGENIC LANDSCAPES OF THE FULFILLED DEPOSITS OF IRON ORE**

L.V. Grygorenko, N.V. Dzyak, A.A. Shevchenko

It was established, that deposits of city sewage from the treatment facilities in Krivoy Rog were harmless by the content of total, mobile and water-soluble forms of heavy metals (Cr, Cu, Ni, Cd, Mn, Pb, Zn). Excess of the mobile forms of Cr in 3,3 times in all skilled sites of soil and at the control site have been revealed, that corresponds very dangerous level of pollution of soil, but on the frequency rate of excess maximum concentration limit of heavy metals (from 1 to 10), deposits of city sewage are recommended as suitable for landscape recultivation in the fulfilled deposits of iron ore.

Куратор розділу – д. мед. наук, проф. Станкевич В.В.