

УДК 628.381.1

## ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ОСАДУ СТИЧНИХ ВОД КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА У ФІТОЕНЕРГЕТИЦІ

Г.М. Грицуляк<sup>1</sup>, В.І. Лопушняк<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Івано-Франківський коледж ЛНАУ,

<sup>2</sup>Львівський національний аграрний університет

E-mail: gritsulyaka@mai.ru

Розглянуто результати досліджень вмісту важких металів у профілі дерново-підзолистого ґрунту Передкарпаття за внесення, в умовах польового 3-річного досліджу, осаду стічних вод, як засобу удобрення верби енергетичної. Виявили, що такий захід сприяє підвищенню вмісту важких металів, зокрема, кобальту і нікелю в елювіальному горизонті (Е), а свинцю і кадмію – в гумусово-елювіальному (HE), а також викликає достовірне зростання вмісту важких металів (у межах ГДК) у вегетативній масі верби. Основна маса поглинутих поллютантів утримується рослинами в їхній підземній частині. Застосування осадів у вигляді компостів з тирсою, або соломою визнано дієвим способом посилення безпечності їх використання, оскільки викликає достовірно менше накопичення важких металів у ґрунті та вегетативній масі верби за тієї ж норми внесення.

**Ключові слова:** осад стічних вод (ОСВ), важкі метали, верба енергетична, ґрунт.

### 1. Вступ

Розвиток і розширення міської інфраструктури спричиняє накопичення відходів комунального господарства, в тому числі й у вигляді осаду стічних вод (ОСВ). Їх розміщення в мулових картах і утилізація набувають ознак великої екологічної проблеми. Накопичення великих кількостей ОСВ стає на перешкоді роботі очисних споруд, забруднює навколишнє природне середовище тощо. Водночас хімічний склад ОСВ відзначається високим вмістом (близько 40 %) органічних речовин, зольністю понад 20 % [1], значною кількістю і вмістом макро- і мікроелементів мінерального живлення (N – 0,8-6,0; P – 0,6-1,2; K – 0,1-0,6 %) [2, 3], що дає підстави розглядати цей матеріал як небезкорисне органічне добриво.

У країнах Європи, за різними оцінками, в рільництві використовують 36-40 % усіх осадів стічних вод [4]. В США 41 % комунальних ОСВ використовується в рільництві, 22 – спалюють, 17 – складають, 20 – утилізують в інший спосіб [5].

З огляду на можливість забруднення навколишнього природного середовища поллютантами, які містяться в ОСВ, їх використання у свіжому вигляді в рільництві поступово скорочується. Наприклад, Програмою управління відходами Республіки Польща до 2018 року планується знизити використання ОСВ в рільництві з 33 до 10 % [6].

Основні чинники, які обмежують використання комунальних ОСВ як добрив можуть бути надмірний вміст деяких важких металів та наявність життєздатних шкідливих мікроорганізмів і збудників хвороб. З цієї причини в урядових приписах Республіки Польща ОСВ віднесені до відходів, які перед застосуванням у ґрунт належить піддати стабілізації і гігієнізації. У процесі підготовки ОСВ до внесення знижується вміст деяких важких металів і знезаражується сам субстрат [7, 8].

Економічно доцільним способом підготовки ОСВ до внесення у ґрунт є компостування його з іншими органічними матеріалами, що сприяє оптимізації вологості і відношень C:N, C:P, N:P:K, зниженню вмісту рухомих форм важких металів, позитивно впливає на вміст елементів мінерального живлення, забезпечує поліпшення технологічних властивостей матеріалу (розсипчастості, невисокої пористості тощо). Такі види компостів є безпечним видом добрив і з успіхом можуть використовуватися під різні сільськогосподарські культури, що доведено результатами досліджень та виробничих перевірок [6, 9].

Щороку в Польщі і в Україні розширюються площі під енергетичними культурами, зокрема, вербою енергетичною [10]. З огляду на те, що плантації верби енергетичної закладаються на малопродуктивних землях, використання компостів з ОСВ саме під цю культуру є ефективним заходом підвищення біопродуктивності агроценозів, поліпшення агрофізичних та агрохімічних показників ґрунту. Також використання компостів з ОСВ під непродуктивні (фітоенергетичні) культури знизить імовірність потрапляння важких металів

у трофічні ланцюги та мінімізує ризики забруднення навколишнього середовища полютантами.

*Метою роботи* було визначення в умовах польового дослідження можливості безпечного використання ОСВ та компостів на їх основі для удобрення верби енергетичної. Безпечність контролювали за вмістом важких металів у ґрунті і рослинах.

## 2. Об'єкти і методи досліджень

Дослідження проведено протягом 2011-2014 років у межах польового дослідження, закладеного з метою визначення впливу ОСВ міста Івано-Франківськ та їх компостів з тирсою та соломою на вміст важких металів у ґрунті і в рослинах верби енергетичної.

Польовий дослід закладено 2011 року на колекційно-дослідному полі Івано-Франківського коледжу ЛНАУ в с. Чукалівка Тисменицького району. Ґрунт – дерново-підзолистий глейовий з такими характеристиками у межах орного шару: уміст гумусу – 1,64 %; рН сольовий 5,0; загальний уміст азоту – 0,07 %.

Варіанти дослідження: 1. Контроль – без добрив; 2. Мінеральні добрива –  $N_{100}P_{100}K_{100}$ ; 3. ОСВ – 40 т/га; 4. ОСВ – 60 т/га; 5. ОСВ – 80 т/га; 6. Компост (ОСВ + тирса (3:1)) – 60 т/га; 7. Компост (ОСВ + солома (3:1)) – 20 т/га; 8. Компост (ОСВ + солома (3:1)) – 40 т/га; 9. Компост (ОСВ + солома (3:1)) – 60 т/га; 10. Компост (ОСВ + солома (3:1) + цементний пил 10 %) – 40 т/га.

Цементний пил у варіанті 10 додано з метою виявлення можливості утилізації відходів цементного виробництва.

Компости готували таким способом: На тирсову або солом'яну подушку потужністю 40-50 см шарами по 25-30 см укладали осад стічних вод і тирсу або солому. Розмір компостного бурту – 4x4 м. Товщина шарів осаду стічних вод і тирси або соломи залежить від їх частки в компості. Укладений пошарово осад стічних вод і солому або тирсу вкривали потім шаром ґрунту потужністю 40-50 см.

Схема садіння верби енергетичної – 0,33 x 0,70 м. Ширина ділянки 4,0, довжина – 7 м.

Проби ґрунту відбирали буром восени кожного року перед закінченням вегетації із середини генетичних горизонтів по профілю ґрунту. Проби рослинного матеріалу відбирали також кожного року перед закінченням вегетації рослин.

Лабораторні дослідження включали визначення вмісту у пробах ґрунту рухомих форм таких мікроелементів і важких металів: кобальт, нікель, свинець, кадмій (згідно з ДСТУ 4770.1 – ДСТУ 4770.9 [11-14]).

Вміст тих самих елементів у рослинному матеріалі визначали в зольних розчинах після сухого озолення на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С – 115У.

## 3. Результати досліджень

### 3.1. Вміст важких металів у ґрунті

Результати досліджень вказують на суттєвий вплив внесення ОСВ на вміст рухомих сполук важких металів у дерново-підзолистому ґрунті Передкарпаття (табл. 1).

Низький вміст кобальту у ґрунті зумовлює хлороз, некроз і навіть всихання листя, а його надлишок – може шкодити споживанню і засвоєнню інших мікроелементів. За внесення ОСВ в усіх шарах дерново-підзолистого ґрунту відбувалося зростання вмісту рухомих сполук кобальту. Підвищення норми внесення ОСВ забезпечувало підвищення вмісту рухомих сполук кобальту.

Вміст рухомих сполук кобальту у НЕ горизонті за внесення свіжого ОСВ підвищувався на 0,44 – 0,80 мг/кг ґрунту порівняно з контролем. Проте за внесення компостів на основі ОСВ вміст рухомих сполук кобальту зменшувався порівняно з варіантами, де вносили свіжий ОСВ і становив 1,43 – 1,59 мг/кг ґрунту. Вміст рухомих сполук кобальту зменшувався вниз по профілю і у варіантах, де вносили свіжий ОСВ, був нижчим ніж за внесення компостів.

Вміст рухомих сполук нікелю у горизонті НЕ за внесення свіжого ОСВ зріс децю більше ніж за внесення компостів на основі ОСВ + соломи (3 : 1) порівняно з контролем. Вміст цього елемента в горизонті Е підвищувався (порівняно з поверхневим горизонтом) на всіх варіантах дослідження адекватно нормам внесення досліджуваних компонентів. З глибиною вміст нікелю помітно зменшувався і в горизонті Р був найнижчим. Отже, маємо констатувати, що відбувається накопичення рухомих форм нікелю у верхніх шарах ґрунту.

Таблиця 1

Вміст рухомих форм кобальту і нікелю у генетичних горизонтах ґрунту  
(середні значення за 2011-2014 роки)

Варіант	Со, мг/кг ґрунту				Ni, мг/кг ґрунту			
	HE	E	I	P	HE	E	I	P
	0-20 см	20-27 см	27-42 см	42-100см	0-20 см	20-27 см	27-42 см	42-100см
1. Без добрив – контроль	0,85	0,90	0,75	0,47	0,95	0,99	0,62	0,40
2. N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	1,22	1,34	1,11	0,63	1,09	1,11	0,69	0,44
3. ОСВ – 40 т/га	1,29	1,39	1,16	0,67	1,14	1,25	0,76	0,48
4. ОСВ – 60 т/га	1,44	1,54	1,28	0,71	1,32	1,30	0,80	0,52
5. ОСВ – 80 т/га	1,65	1,88	1,49	0,79	1,39	1,40	0,85	0,57
6. Компост ОСВ + тирса (3:1) – 60 т/га	1,43	1,51	1,26	0,70	1,24	1,26	0,73	0,54
7. Компост ОСВ + солома (3:1) – 20 т/га	1,47	1,49	1,23	0,71	1,12	1,15	0,69	0,50
8. Компост ОСВ + солома (3:1) – 40 т/га	1,25	1,65	1,35	0,77	1,28	1,25	0,79	0,53
9. Компост ОСВ + солома (3:1) – 60 т/га	1,59	1,79	1,40	0,80	1,36	1,33	0,88	0,59
10. Компост ОСВ + солома (3:1) + цементний пил 10 % – 40 т/га	1,56	1,81	1,41	0,80	1,31	1,30	0,82	0,57
НІР 0,5	0,05	0,02	0,01	0,01	0,03	0,01	0,03	0,02

Вміст у ґрунті рухомих форм свинцю залежав від кількості внесених удобрювальних речовин. Внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню вмісту свинцю на 0,7 мг/кг ґрунту. А за внесення ОСВ спостерігали чітку лінію зростання вмісту свинцю паралельно із збільшенням норм внесення ОСВ від 40 до 80 т/га, що особливо помітно в горизонтах HE та E (рис. 1).

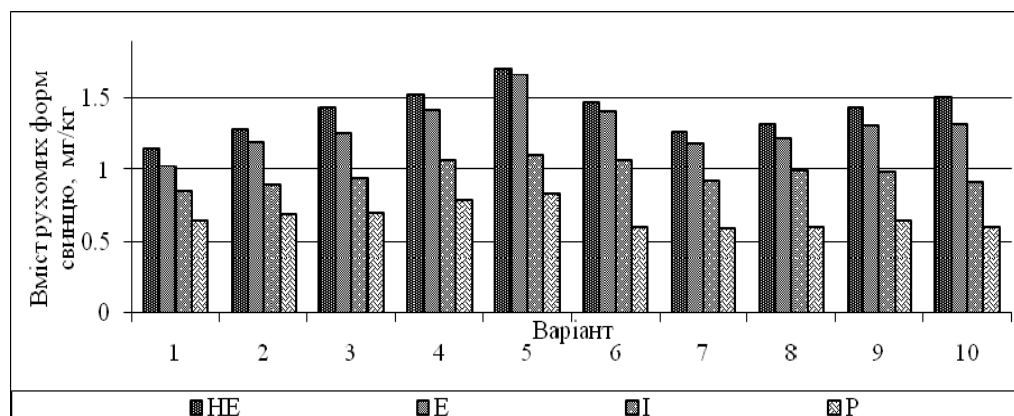


Рис. 1. Вміст рухомих форм свинцю у генетичних горизонтах ґрунту  
(середні значення за 2011-2014 роки)

За внесення компостів на основі ОСВ вміст свинцю підвищувався порівняно з контролем, але зменшувався порівняно з варіантами, де вносили свіжий ОСВ але у варіанті із додаванням цементного пилу (10) вміст свинцю був досить високим.

Середній вміст кадмію в ґрунті загалом коливається в межах – від 0,2 до 4,0 мг/кг переважно в іонно-обмінних формах [16]. Більша частина кадмію закріплюється в HE (0 – 20 см) горизонті, а інша частина перерозподіляється за профілем ґрунту залежно від вмісту органічних речовин [17], які здатні закріплювати кадмій у ґрунті [18].

У наших дослідженнях вміст кадмію за профілем ґрунту змінювався залежно від норм внесення ОСВ і компостів (рис. 2), але особливості розподілу у профілі були різними.

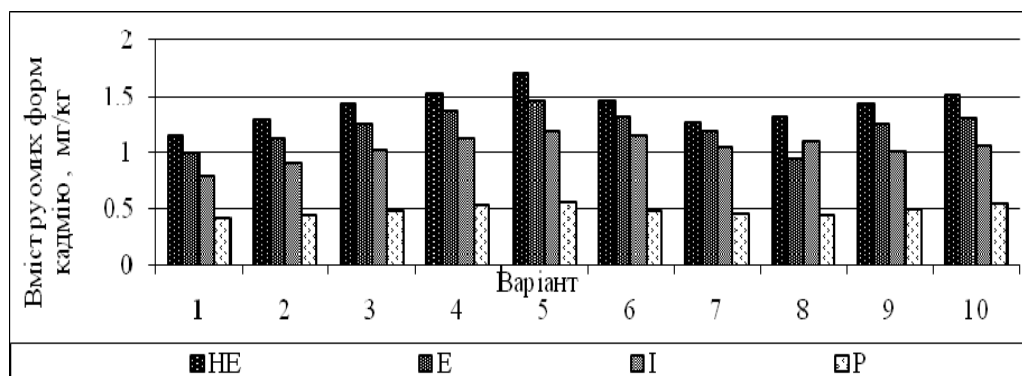


Рис. 2. Вміст рухомих форм кадмію у генетичних горизонтах ґрунту (середні значення за 2011-2014 роки)

За внесення чистого ОСВ зі збільшенням норм помітно зростання вмісту кадмію у трьох верхніх горизонтах ґрунту, тоді як у породі – майже без змін. За внесення компостів чітка лінія зростання помітна лише у першому генетичному горизонті (NE). Слід також звернути увагу на помітний негативний внесок тирси (варіант 7) і цементного пилу (10).

### 3.2. Вміст важких металів у рослинах

Важливим критерієм оцінки екологічного стану ґрунтів є також вміст важких металів у вирощеній продукції, який залежить від забруднення ґрунту. За певних умов відбувається транслокація цих токсикантів у системі «ґрунт – рослина», що знижує якість і безпечність продукції рослинництва [16, 18]. Проте деякі автори стверджують, що рослини виявляють вибірковість у споживанні елементів живлення, тому в тканинах підтримується відповідне співвідношення між ними [150].

На забруднених територіях накопичення важких металів в рослинах залежить від рівня концентрації їх рухомих форм у ґрунтових розчинах та захисних можливостей механізмів неспецифічної природи, що перешкоджають надходженню полютантів у рослинні тканини [17].

Накопичення всіх важких металів у рослинах коливалося залежно від норми внесення ОСВ чи компостів. Чим вища норма, тим більшою мірою зростав вміст важких металів у вегетативній масі верби енергетичної (табл. 2). Однак, застосування компостів все ж пом'якшувало дію ОСВ щодо накопичення важких металів у рослинах верби.

#### Таблиця 2

Валовий вміст важких металів у вегетативній масі верби енергетичної (середній за 2011 – 2014 рр.)

Варіант	Cd	Ni	Pb	Co
	мг/кг сухої речовини			
1. Без добрив – контроль	1,14	0,98	0,43	0,42
2. N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	1,18	1,00	0,50	0,45
3. ОСВ – 40 т/га	1,38	1,18	0,59	0,64
4. ОСВ – 60 т/га	1,47	1,35	0,69	0,72
5. ОСВ – 80 т/га	1,56	1,46	0,81	0,80
6. Компост ОСВ + тирса (3:1) – 60 т/га	1,43	1,31	0,66	0,61
7. Компост ОСВ + солома (3:1) – 20 т/га	1,25	1,11	0,42	0,50
8. Компост ОСВ + солома (3:1) – 40 т/га	1,30	1,27	0,53	0,61
9. Компост ОСВ + солома (3:1) – 60 т/га	1,36	1,29	0,58	0,70
10. Компост ОСВ + солома (3:1) + цементний пил 10 % – 40 т/га	1,33	1,31	0,57	0,64
НІР 0,5	0,08	0,02	0,15	0,11
Верба з виробн. плантації с. Турка	1,17	0,98	0,43	0,44
Верба в природному ценозі	1,11	0,99	0,41	0,40

Дослідження вмісту важких металів у різних частинах вегетативної маси верби енергетичної вказує на те, що більша частка всіх політантів зосереджена у її підземній частині (табл. 3).

Таблиця 3

Валовий вміст важких металів у коренях верби енергетичної (середній за 2011 – 2014 рр.)

Варіант	Вміст важких металів у коренях, мг/кг сухої речовини			
	Cd	Ni	Pb	Co
1. Без добрив – контроль	1,17	1,03	0,46	0,40
2. N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	1,20	1,04	0,51	0,43
3. ОСВ – 40 т/га	1,39	1,10	0,60	0,68
4. ОСВ – 60 т/га	1,42	1,35	0,70	0,73
5. ОСВ – 80 т/га	1,57	1,48	0,81	0,83
6. Компост ОСВ + тирса (3:1) – 60 т/га	1,44	1,32	0,69	0,62
7. Компост ОСВ + солома (3:1) – 20 т/га	1,27	1,12	0,43	0,50
8. Компост ОСВ + солома (3:1) – 40 т/га	1,31	1,29	0,54	0,61
9. Компост ОСВ + солома (3:1) – 60 т/га	1,47	1,35	0,69	0,76
10. Компост ОСВ + солома (3:1) + цементний пил 10 % – 40 т/га	1,34	1,32	0,59	0,69
НІР 0,5	0,05	0,17	0,10	0,07

Аналізуючи вміст важких металів у коренях верби енергетичної спостерігали позитивну дію компостування – за внесення ОСВ у нормі 40 т/га вміст кадмію становив 1,39 мг/кг, а за внесення такої ж кількості компосту – 1,31 мг/кг ґрунту, а вміст нікелю та свинцю – 1,10 і 0,60 мг/кг ґрунту відповідно.

Найвищий вміст важких металів у коренях верби констатовано за внесення ОСВ у нормі 80 т/га та компосту на основі ОСВ і тирси (3 : 1) – 60 т/га.

#### 4. Висновки

Застосування ОСВ у чистому вигляді під вербу енергетичну сприяє підвищенню вмісту важких металів у дерново-підзолистому ґрунті Передкарпаття. Його внесення у нормах від 40 до 80 т/га призводить до збільшення вмісту кобальту і нікелю в елювіальному горизонті (Е), а свинцю і кадмію – в гумусово-елювіальному (НЕ). Такі норми ОСВ спричиняють також і достовірне зростання вмісту важких металів у вегетативній масі верби енергетичної, проте це підвищення не перевищує гранично допустимих концентрацій.

Застосування аналогічної норми ОСВ у вигляді компостів із тирсою і соломою сприяє достовірному зниженню вмісту важких металів у ґрунті і вегетативній масі (нікелю і кобальту на 2,7-4,5 %, а свинцю і кадмію – на 7,5-16,3 %) порівняно з контролем.

Важкі метали накопичуються, в основному, у коренях верби енергетичної.

#### Список використаної літератури

1. Лопушняк В.І. Утилізація осаду стічних вод комунальних підприємств з отриманням органічного добрива під енергетичні культури / В.І. Лопушняк, Г.М. Грицуляк // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету : сільськогосподарські науки. – 2014. – Вип. 5 (82). – С. 188–198.
2. Курганова Е.В. Комплексная оценка осадков сточных вод / Е.В. Курганова, О.А. Копейкина, Л.И. Гюнтер // Агрохимический вестник. – 1999. – № 3. – С. 38-40.
3. Мерзлая Г.Е. Экологическая оценка осадка сточных вод / Г.Е. Мерзлая // Химия в сельском хозяйстве. – 1999. – № 4. – С. 38-42.
4. Kalisz M. Prognozy zmian w gospodarce osadami ściekowymi / M. Kalisz // Wodoc. i kanaliz., 2007. – № 3. – S. 30-32.
5. Laturnus F. Organic contaminantus from sewage sludge applied to agricultural soils. False alarm regarding possible problems for food safety / F. Laturnus, K. von Arnold, C. Gron // Environ. Sci. Pollut. Res., 2007. – № 14 (8). – Pp. 53-60.
6. Krzywy-Gawrońska E. Badania wpływu kompostu z komunalnego osadu ściekowego i substancji czynnej PRP Sol na żyzność i urodzajność gleby / E. Krzywy-Gawrońska. – Szczecin, 2009. – 95 s.
7. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 roku w sprawie wykonywania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu. DzU z dnia 2 lipca 2008 r., nr. 119, roz. 765.

8. *Rozporządzenie* Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych. DzU z dnia 27 sierpnia 2002 r., nr. 134, roz. 1140.
9. *Symanowicz B.* Przydatność kompostów otrzymanych na baize osadów ściekowych w nawożeniu kukurydzy / B. Symanowicz. – Siedlce :Wydawnictwo Akademii Podlaskiej, 2007. – Rn. 90. – 91 s.
10. *Niemez B.* Uwagi zakładania i eksploatacji plantacji wierzby energetycznej (*Salix viminalis*) / B. Niemez, M. Zdemb, V. Lopushnyak // Вісник ЛНАУ: агрономія. – 2010. – № 14 (2). – С. 188–193.
11. *Якість ґрунту.* Визначення вмісту рухомих сполук кадмію в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії : ДСТУ 4770.3:2007. – [Чинний від 2009-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 14 с. – (Національний стандарт України).
12. *Якість ґрунту.* Визначення вмісту рухомих сполук кобальту в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії : ДСТУ 4770.5:2007. – [Чинний від 2009-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 14 с. – (Національний стандарт України).
13. *Якість ґрунту.* Визначення вмісту рухомих сполук нікелю в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії : ДСТУ 4770.7:2007. – [Чинний від 2009-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 14 с. – (Національний стандарт України).
14. *Якість ґрунту.* Визначення вмісту рухомих сполук свинцю в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії : ДСТУ 4770.9:2007. – [Чинний від 2009-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 14 с. – (Національний стандарт України).
15. *Плеханова И.О.* Влияние осадков сточных вод на содержание и фракционный состав тяжелых металлов в супесчаных дерново-подзолистых почвах / И. О. Плеханова, О. В. Кленова, Ю. Д. Кутукова // Почвоведение. – 2001. – № 4. – С. 496 – 503.
16. *Фатеев А.І.* Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України : монографія / за ред. доктора с.-г. наук А. І. Фатеева і канд. с.-г. наук Я. В. Пашенка. – Харків : Друкарня № 13, 2003. – 117 с.
17. *Покровская С.Ф.* Использование осадка городских сточных вод в сельском хозяйстве / С.Ф. Покровская, В.А. Касатиков. – М. : ВНИТИ Агропром, 1987. – 60 с.
18. *Черных Н.А.* Закономерности поведения тяжелых металлов в системе почва – растение при различной антропогенной нагрузке дерново-подзолистой почвы : автореф. дисс. д. б. н. / Н.А. Черных. – М., 1995. – 39 с.

*Стаття надійшла до редакції 27.04.2016.*

## ENVIRONMENTAL ASPECTS FOR USE OF MUNICIPAL WASTEWATER MUD IN PHYTOENERGY

G.M. Gritsulyak<sup>1</sup>, V.I. Lopushnyak<sup>2</sup>

<sup>1</sup>LNAU Ivano-Frankivsk College,

<sup>2</sup>Lviv National Agrarian University

For contact: E-mail: [gritsulyaka@mai.ru](mailto:gritsulyaka@mai.ru)

The results of studies of heavy metals in the profile of soddy-podzolic soil of Precarpathians by application, in terms of 3-year field experiment, wastewater mud as fertilizer for willow energy are presented. It is found that this measure contributes to the content of heavy metals, particularly cobalt and nickel - in eluvial horizon (E), and lead and cadmium - in the humus-eluvial (HE), and causes a significant increase of heavy metals content in vegetative mass of willow within maximum concentration limit. Most of the absorbed pollutants are kept by plants in their underground part. The use of sludge as compost with sawdust or straw is effective way to enhance the safety of their use as causing significantly less accumulation of heavy metals in soil and vegetative mass of willows under the same application rate.

**Keywords:** *wastewater mud, heavy metals, willow energy, soil.*

УДК 631.461

## ОСОБЛИВОСТІ ЗМІН МІКРОБНИХ ЦЕНОЗІВ ЧОРНОЗЕМУ ОПІДЗОЛЕНОГО ПІД ДІЮЮ ДВОРІЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ГЕРБИЦИДІВ РІЗНОГО КЛАСУ НЕБЕЗПЕЧНОСТІ<sup>1</sup>

А.Б. Рокитянський

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

E-mail: [artemborisovichro@gmail.com](mailto:artemborisovichro@gmail.com)

Представлено результати дворічного спостереження за станом мікробних ценозів у ґрунтовій масі з орного шару чорнозему опідзоленого. Дослідження проведено в умовах вегетаційного досліду з

<sup>1</sup> Науковий керівник – канд. біол. наук О.І. Маклюк