



УДК 631.41+622.6+581.55

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ГОРНОРУДНОГО РЕГИОНА ПОД РАЗЛИЧНЫМИ РАСТИТЕЛЬНЫМИ АССОЦИАЦИЯМИ

В.Н. САВОСЬКО

Криворожский ботанический сад НАН Украины  
Украина, 50089 Кривой Рог, Маршака, 50

*Изучены некоторые закономерности распределения подвижных форм железа, марганца, цинка в почвах, прилегающих к Северному горно-обогатительному комбинату (Кривбасс), под различными растительными ассоциациями (степные ценозы, ветрозащитные лесные полосы, агроценозы). Установлено, что древесная растительность обуславливает накопление в почвах всех металлов. Интенсивность этого процесса с глубиной усиливается, т. е. происходит их миграция за пределы почвенного профиля. Агроценозы способствуют накоплению марганца и железа и выщелачиванию цинка.*

В настоящее время в почвы крупных горнорудных регионов происходит интенсивное поступление тяжелых металлов, которые характеризуются высокой степенью технофильности, подвижностью и токсичностью для живых организмов [2, 3, 7, 9]. Поэтому техногенная аккумуляция тяжелых металлов в почвах представляет значительную опасность для состояния биосферы и здоровья населения этих регионов [1, 2, 5, 8].

В современных экологических исследованиях все большее внимание уделяется подвижным формам тяжелых металлов в почвах. Данные формы определяют потенциальный запас металлов в почвах, способный оказывать максимальное влияние на состояние окружающей среды [2, 4, 6, 8].

Известно, что в естественных условиях содержание тяжелых металлов в почве и их распределение по профилю определяются действием почвообразовательного процесса. Различные растительные ассоциации дифференцированно вовлекают в биологические круговороты химические элементы [4–6], поэтому могут существенно влиять на современное содержание подвижных форм тяжелых металлов, поступающих в почвы техногенным путем.

Следовательно, представляется важным и актуальным изучение влияния растительных ассоциаций на распределение подвижных форм тяжелых металлов в почвах горнорудного региона.

Исследования были выполнены в окрестностях Кривого Рога (Днепропетровская обл.) в зоне влияния Северного горно-обогатительного комбината (СевГОК) — мощного горнорудного предприятия, которое с 1964 г. ведет добычу и переработку железной руды. В 1980-е годы комбинатом добывалось 35–40 млн т сырой руды и производилось 12–14 млн т железорудного концентрата в год. Одновременно в атмосферный воздух ежегодно выбрасывалось 8,4 тыс. т неорганической пыли. В выбросах комбината содержание тяжелых металлов в 2–30 раз превышало фоновые значения [9].

Выбор мониторинговых пробных площадок осуществлялся на основании анализа карт распределения пыли в приземном слое атмосферы, которые разрабатывались с использованием прикладной программы ПЛЕНЕР 1,25. Нами было выбрано две зоны наблюдения. Первая зона (зона 1) имела минимальные концентрации техногенной пыли — от 0,2 до 0,5 мг/м<sup>3</sup> (или 0,3–1,0 долей среднегодовой предельно допустимой концентрации (ПДК<sub>гр</sub>)); вторая (зона 2) — от 0,6 до 1,0 мг/м<sup>3</sup> (или 1,1–2,0 ПДК<sub>гр</sub>).

© В.Н. САВОСЬКО, 2000

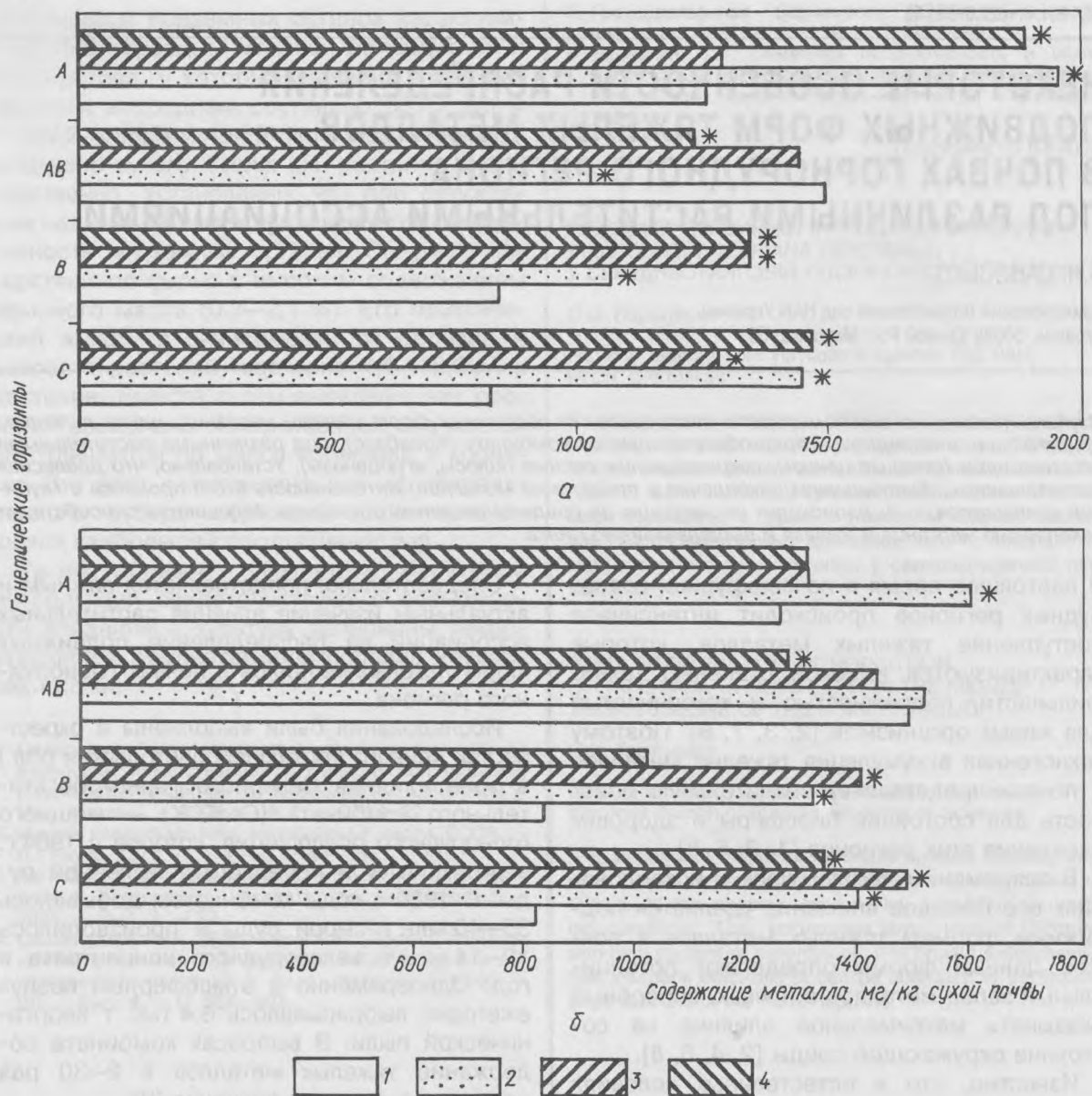


РИС. 1. Распределение подвижных форм железа в почвах под различными растительными ассоциациями: а — зона 1, б — зона 2; 1 — контрольный участок, 2 — агроценоз, 3 — лесополоса, 4 — степные ценозы; звездочкой отмечено существенное различие с контролем —  $P < 0,05$

В каждой зоне выбирались по три пробных площадки, которые находились под различными растительными ассоциациями: а) агроценозы, б) естественные степные ассоциации, в) ветрозащитная лесная полоса. Последние 50 лет растительные ассоциации оставались без изменений. Для контроля

была выбрана территория локального фонового участка, который расположен вне зоны влияния атмосферных загрязнителей, но в пределах природной геохимической аномалии Кривбасса. Растительные ассоциации контрольного участка представлены степными ценозами. На каждой пробной пло-

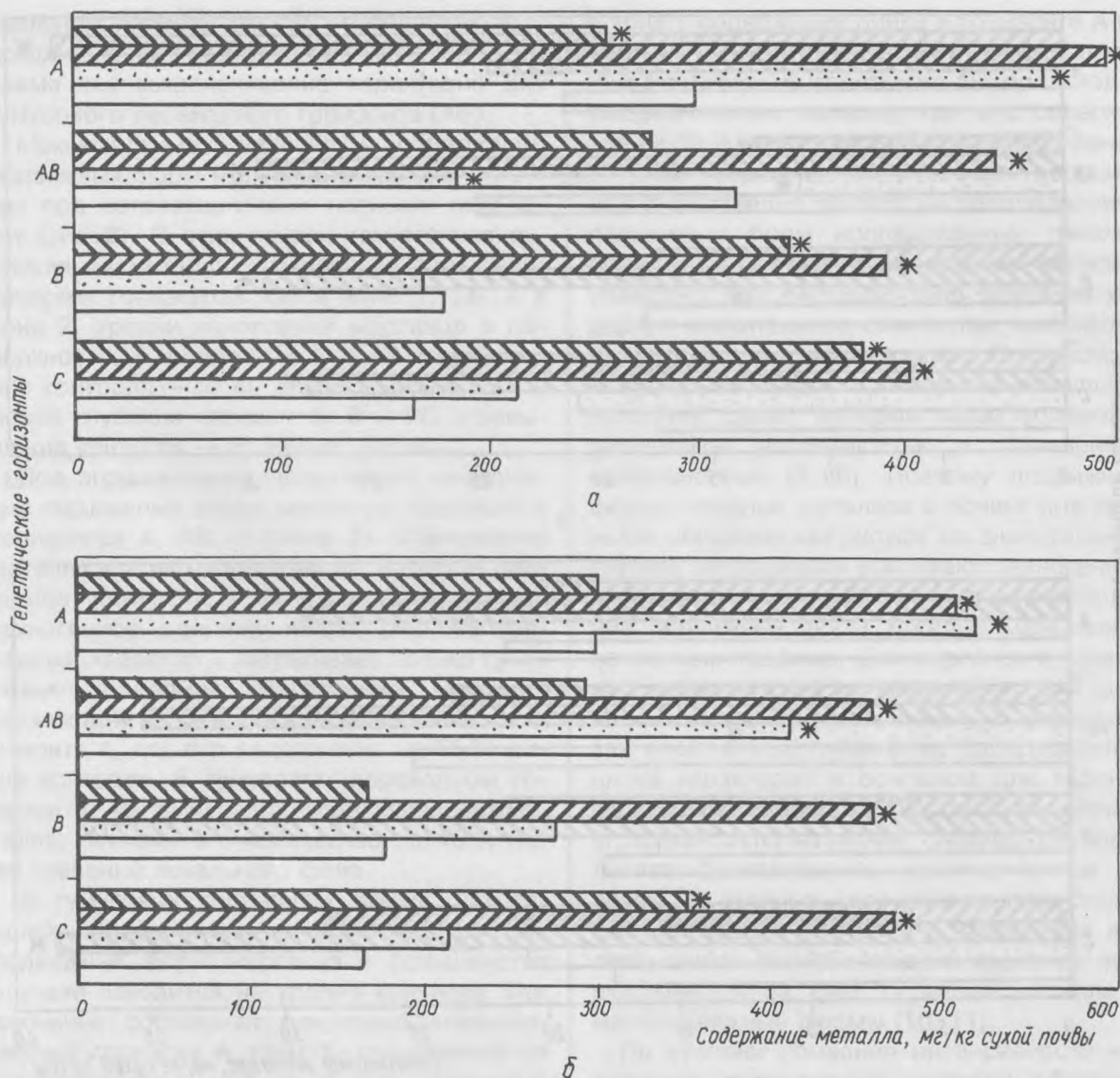


РИС. 2. Распределение подвижных форм марганца в почвах под различными растительными ассоциациями

щадке заложены почвенные разрезы (11 разрезов) и через каждые 10 см отобраны почвенные образцы (136 образцов).

В настоящей работе отражены исследования и анализ подвижных форм тяжелых металлов. Для их извлечения навеску почвы заливали 10-кратным количеством азотной кислоты (1 моль/л) и на песчаной бане выпаривали насухо. Затем приливали дистиллированную воду, доводили до кипения, после чего фильтровали в мерную посуду [2]. Определение содержания металлов (желе-

за, марганца, цинка) выполнялось на атомно-адсорбционном спектрофотометре ААС-30.

Почвенный покров исследованных территорий представлен черноземами обыкновенными мощными и среднемощными среднегумусными. Сравнение уровней содержания тяжелых металлов в почвах между различными зонами проводилось по генетическим почвенным горизонтам. В черноземах обыкновенных выделялись следующие генетические горизонты: гумусовый аккумулятивный — А, гумусовый переходный —

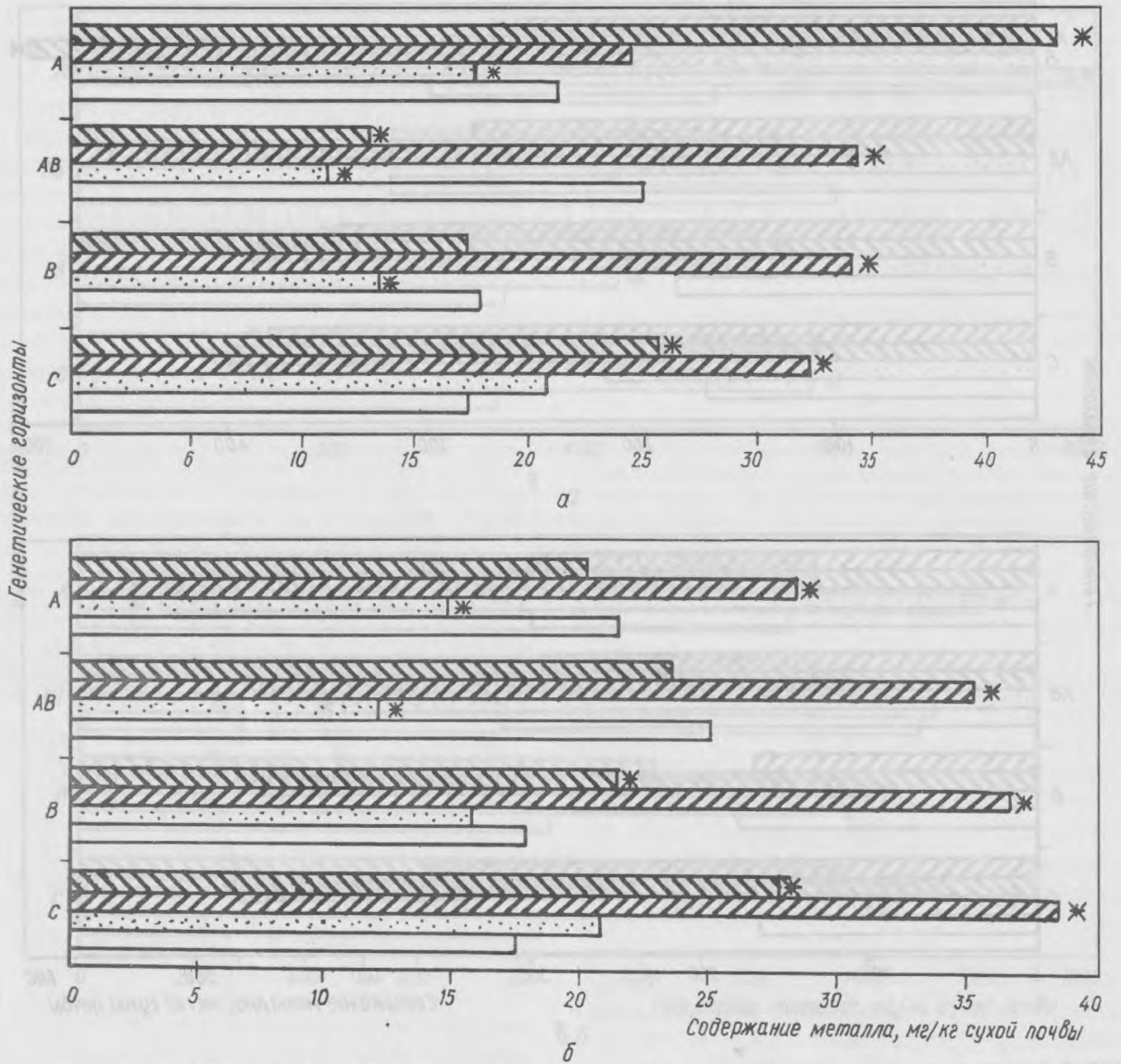


РИС. 3. Распределение подвижных форм цинка в почвах под различными растительными ассоциациями

AB, аллювиальный — B, переходный аллювиальный — BC.

Установлено, что в лесных ветрозащитных полосах содержание подвижных форм железа в поверхностных горизонтах почвы (A и AB) находилось на одном уровне с контролем, однако в нижних горизонтах B и BC происходило техногенное накопление этого металла, где его содержание на 55–80 % выше значений локального фона (рис. 1). В почвах под степными ассоциациями и агро-

ценозами накопление подвижных форм железа выявлено в горизонтах A, BC и C, где его содержание на 25–55 % выше значений контроля. В горизонте AB происходит выщелачивание металла, поэтому количество железа в этом горизонте на 15–30 % ниже контроля.

Генетические горизонты почвы оказывают дополнительное влияние на распределение подвижных форм железа по почвенному профилю. Так, в аллювиальном (B) и аллю-



виальном переходном (BC) горизонтах происходит только накопление металла, в то время как выщелачивание характерно для гумусового переходного горизонта (AB).

Максимальные различия в содержании подвижных форм марганца выявлены в почвах под ветрозащитными лесными полосами (рис. 2). В этих почвах техногенная аккумуляция металла отмечена во всех генетических горизонтах как в зоне 1, так и в зоне 2. Уровни накопления марганца в поверхностных горизонтах А и АВ (превышение контроля — от 40 до 70 %) ниже, чем в более глубоких горизонтах В и ВС (превышение контроля — от 120 до 190 %).

Под агроценозами техногенная аккумуляция подвижных форм марганца выявлена в горизонтах А, АВ, В (зона 2). Содержание металла в этих горизонтах на 30–75 % превышает контроль, в то время как в зоне 1 техногенное влияние имеет разнонаправленный характер и затрагивает только гумусовые горизонты. Накопление марганца происходит в гумусово-аккумулятивном горизонте А, где его содержание на 55 % выше контроля. В гумусовом переходном горизонте АВ выявлено выщелачивание металла, поэтому его количество на 45 % ниже значений локального фона.

В гумусовых горизонтах почвы, находящихся под степными ценозами, содержание подвижных форм марганца в большинстве случаев находится на уровне контроля. Исключение составляет гумусовый аккумулятивный горизонт А зоны 1, где отмечается выщелачивание металла. В этом горизонте содержание марганца на 15 % ниже контроля. Нижние горизонты почвы (В и ВС) больше затронуты техногенным влиянием. Содержание металла в этих горизонтах на 30–115 % выше контроля.

Древесная растительность обуславливает накопление подвижных форм цинка во всех почвенных горизонтах (как в зоне 1, так и в зоне 2). С глубиной интенсивность накопления металла сильно возрастает. Так, в горизонтах А и АВ содержание цинка на 15–35 % превышает контроль, тогда как в горизонтах В и ВС его количество выше контроля на 85–120 % (рис. 3). В степных ценозах

в зоне 1 содержание цинка в горизонте А на 105, а в горизонте ВС на 30 % выше значений контроля. В горизонте АВ происходит выщелачивание металла, где его содержание на 50 % ниже значений локального фона.

Таким образом, растительные ассоциации существенно влияют на распределение подвижных форм исследованных тяжелых металлов в почвах горнорудного региона. Известно, что лиственный опад деревьев содержит значительное количество низкомолекулярных органических кислот. Эти кислоты могут образовывать с тяжелыми металлами хелатные связи, которые характеризуются химической устойчивостью и повышенной мобильностью [5, 6]. Поэтому подвижные формы тяжелых металлов в почвах под лесными ценозами мигрируют на значительную глубину. Агроценозы усиливают техногенное влияние атмосферной пыли на распределение подвижных форм тяжелых металлов в почвенном профиле. Для марганца и железа оно проявляется в их накоплении, для цинка — в выщелачивании почвы. В агроценозах техногенное влияние на распределение цинка характерно в основном для верхних горизонтов почвы (А, АВ), так как именно аграрное использование земель обуславливает безвозвратное изъятие цинка из почвы. В степных ассоциациях происходит иммобилизация марганца и накопление железа, цинка. Иммобилизация марганца осуществляется за счет перехода металла в малоподвижные формы [10, 11].

По степени убывания интенсивности накопления исследуемые металлы образуют следующий ряд:  $Zn > Mn > Fe$ . Интенсивность техногенного воздействия зависит от уровня содержания пыли в атмосферном воздухе. В зоне 2 происходит более интенсивное накопление железа и марганца, тогда как в зоне 1 — выщелачивание.

Глубокий и всесторонний анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы:

1. Древесная растительность обуславливает аэротехногенное накопление в почвах горнорудного региона подвижных форм железа, марганца, цинка. Интенсивность накопления металлов усиливается с глубиной,



т. е. происходит их миграция за пределы почвенного профиля.

2. Агроценозы усиливают техногенное влияние СевГОК на распределение в почвах подвижных форм тяжелых металлов. Для марганца и железа это влияние проявляется в их накоплении, для цинка — в выщелачивании.

3. Техногенная аккумуляция подвижных форм металлов в большинстве случаев отмечается в гумусовом аккумулятивном и аллювиальном переходном горизонтах, тогда как выщелачивание происходит в гумусовом переходном горизонте.

1. Авцин А.П. Микроэлементы и человек. — М.: Медицина, 1991. — 340 с.
2. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. — Л.: Агропромиздат, 1987. — 142 с.
3. Добровольский И.А., Цветкова Н.Н., Баранова Л.К. Некоторые закономерности распределения железа в техногенных ландшафтах Кривбасса // Мониторинговые исследования лесных экосистем степной зоны, их охрана и рациональное использование. — Днепропетровск: Изд-во Днепропетр. гос. ун-та, 1988. — С. 69—72.
4. Добровольский В.В. Высокодисперсные частицы почв как фактор массопереноса тяжелых металлов в биосфере // Почвоведение. — 1999. — № 11. — С. 1309—1317.
5. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва — растение. — Новосибирск: Наука, 1991. — 150 с.
6. Ковда В.В. Основы учения о почвах. Т. 2. Общая теория почвообразовательного процесса. — М.: Наука, 1973. — 240 с.
7. Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. — М.: Недра, 1990. — 336 с.
8. Трахтенберг И.М., Колесников В.С., Луковенко В.П. Тяжелые металлы во внешней среде: Современ. гигиен. и токсикол. аспекты. — Минск: Наука и техника, 1994. — 285 с.
9. Тютюнник Ю., Ткаченко Н. Геохімічний вплив гірничо-збагачувальних комбінатів Кривбасу на навколишнє середовище // Ойкумена. — 1995. — № 1. — С. 133—139.
10. Цветкова Н.Н. Микроэлементный режим чернозема обыкновенного Присамарского стационара // Кадастровые исследования степных биогеоценозов Присамарья Днепропетровского, их антропогенная динамика и охрана. — Днепропетровск: Изд-во Днепропетр. гос. ун-та, 1991. — С. 20—28.

11. Цветкова Н.Н., Зверковский В.Н., Тулика Н.П., Волошина Н.В. Динамика микроэлементного состава насыпных почвогрунтов Западного Донбасса // Антропогенные воздействия на лесные экосистемы степной зоны. — Днепропетровск: Изд-во Днепропетр. гос. ун-та, 1988. — С. 4—10.

Поступила 10.03.2000

#### ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ РУХЛИВИХ ФОРМ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТАХ ГІРНИЧОРУДНОГО РЕГІОНУ ПІД РІЗНИМИ РОСЛИННИМИ УГРУПОВАННЯМИ

В.М. Савосько

Криворізький ботанічний сад НАН України, Україна, Кривий Ріг  
e-mail: botgard@ukrtel.dp.ua; tel. 038 0564 384922

Вивчено деякі закономірності розподілу рухливих форм заліза, мангану, цинку в ґрунтах, прилеглих до Північного гірничо-збагачувального комбінату (Кривбас) під різними рослинними угрупованнями (степові ценози, вітрозахисні лісові смуги, агроценози). Встановлено, що деревна рослинність обумовлює накопичення в ґрунтах всіх металів. Інтенсивність цього процесу з глибиною посилюється, відбувається їх міграція за межі ґрунтового профілю. Агроценози сприяють накопиченню мангану і заліза та вилугування цинку.

#### SOME DISTRIBUTION PECULIARITIES OF HEAVY METALS MOBILE FORMS IN THE SOIL OF ORE MINING REGION UNDER VARIOUS VEGETATIVE ASSOCIATIONS

V.M. Savosko

Kryvyi Rih Botanical Gardens, National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine, Kryvyi Rih

Some regularities of distribution of the mobile forms of iron, manganese, zinc in soils adjacent to the Northern ore mining-and-processing integrated works (Kryvbass) under various vegetative associations (steppe cenoses, forest shelter belts, agrophytocenoses) have been investigated. It was established, that the wood vegetation causes accumulation of all metals in soils. The intensity of this process amplifies with depth, i. e. their migration outside the limits of the soil profile takes place. Agrophytocenoses cause accumulation of manganese and iron and leaching of zinc.