

- 4 Aspinwall C.A., Brooks S.A., Kennedy R.T., Lakey J.R. Effects of intravesicular  $H^+$  and extracellular  $H^+$  and  $Zn^{2+}$  on insulin secretion in pancreatic beta cells // *J. Biol. Chem.* - 1997. - V. 272. - P. 31308 - 31314.
- 5 Mc Clain C.J., Su L.-C. Zinc deficiency in the alcoholic// *Alcoholism.* - 1983. - V. 7. - P. 5-10.
- 6 Гольдберг Е.Д., Бовт В.Д., Еценко В.А. Диагностическое значение селективной цитохимической реакции в гранулоцитах периферической крови// *Клин. лаб. диагностика.* - 1993. - № 3. - С. 25-27.
- 7 Prasad A.S. Neutrophil zinc: an indicator of zinc status in man// *Trans. Assoc. Amer. Physicians.* - 1982. - Vol. 95. - P. 165-176.
- 8 Серебрякова Г.В., Красавин И.А., Божевольнов Е.А. Исследование ряда  $\delta$ -(аренсульфониламино)-хинолинов как реактивов для люминесцентного определения цинка и кадмия// *Химические реагенты и препараты.* - М.: ИРЕА, 1964. - Вып. 26. - С. 97-108.
- 9 Соколовский В.В. Гистохимические исследования в токсикологии. - Л.: Медицина, Ленинградское отделение, 1971.
- 10 (Hayhoe F., Quaglino D.) Хейхоу Ф.Г.Дж., Кваглино Д. Гематологическая цитохимия: Пер. с англ. - М.: Медицина, 1983.

**THE USE METALCHROMIC INDICATORS  
FOR DETERMINATION ZINC CONTENT IN HIPPOCAMPUS AND  
BLOOD GRANULOCYTES OF CHRONIC ALCOHOLIZED ANIMALS**

M.N. Malko

With the help of metalochromic indicators a reduction of zinc content was revealed in hippocampal cells and granular leukocytes of chronic alcoholized mice. The data received point out the possibility of testing on blood granulocytes of zinc content in the hippocampus of experimental animals.

// Вопросы биоиндикации и экологии, —  
Запорожье: ЗГУ, 2000. — Вып. 5. — № 2. — с. 145-153

**РОЗДІЛ 5 ҐРУНТИ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ**

УДК:[631.416+502.55]:622.22(477.63)

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ГЕОХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ В  
РАСПРЕДЕЛЕНИИ АЭРОТЕХНОГЕННЫХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ  
В ПОЧВАХ КРИВБАССА**

Савосько В.Н.

*Криворозьский ботанический сад НАН Украины, г. Кривой Рог*

Выполненный анализ распределения подвижных форм тяжелых металлов (Fe, Mn, Zn, Ni, Cu, Pb, Cd) по почвенному профилю почв Кривбасса (черноземов обыкновенных и южных) позволил выявить экологическую роль геохимических барьеров миграции. При этом было установлено, что данные барьеры не оказывают существенного влияния на содержание железа, цинка и меди. В то же время они обуславливают иммобилизацию свинца в черноземах обыкновенных и марганца в черноземах южных.

*Геохимические барьеры, тяжелые металлы, черноземы обыкновенные, черноземы южные, Кривбасс*

**ВВЕДЕНИЕ**

Понятие геохимических барьеров нашло широкое применение как в геохимии при описании миграции химических элементов в земной коре и трактовке генезиса месторождений полезных ископаемых [5, 6], так и в почвоведении, для объяснения некоторых аспектов распределения тяжелых металлов по почвенному профилю и элементам рельефа [3].

В связи со всевозрастающим антропогенным прессом на биосферу, который обуславливает интенсивное поступление тяжелых металлов в окружающую среду, использование геохимических барьеров почвы в рамках проводимых природоохранных мероприятий весьма перспективно. Однако, имеющиеся предложения направлены в основном на применение слоя почвы как поглотителя загрязнителей при строительстве различного рода складов хранения жидких отходов [2, 7].

Поэтому изучение влияния геохимических барьеров на распределение тяжелых металлов является актуальным вопросом.

### ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования были выполнены на территориях, прилегающих к Северному и Ингулецкому горно-обогатительным комбинатам (СевГОК и ИнГОК). СевГОК расположен на северной окраине бассейна, почвенный покров представлен черноземами обыкновенными; ИнГОК - на южной, почвы - черноземы южные.

Пробные площадки были выбраны на основании анализа карт распределения пыли в приземном слое атмосферы. Карты строились на основании многолетних данных о валовых выбросах пыли с использованием прикладной программы ПЛЕНЕР 1,25.

В качестве контроля была выбрана территория локального фонового участка. Данный участок расположен вне зоны влияния атмосферных пылевых загрязнителей и минерализованных грунтовых вод, но одновременно находится в пределах природной геохимической аномалии Кривбасса.

На пробных площадках были заложены почвенные разрезы, дано их морфологическое описание. В ключевых участках отобраны почвенные образцы через каждые 10 см по стандартной методике.

Приготовление минерализата для определения содержания подвижных форм тяжелых металлов (железа, марганца, цинка, меди, свинца, кадмия) осуществлялось сжиганием почвы в однонормальной азотной кислоте. Соотношение почва - кислота 1:10. Конечное определение выполнялось на атомно-адсорбционном спектрофотометре ААС-30 [1].

Сравнение уровней содержания тяжелых металлов в почвах между загрязненными зонами и контролем проводилось по генетическим почвенным горизонтам. В черноземах обыкновенных и южных выделялись следующие генетические горизонты: гумусовый

аккумулятивный (А); гумусовый переходной (АВ); иллювиальный (В); иллювиальный переходной (ВС).

Полученные результаты подвергались математической обработке, с применением вариационной статистики. Достоверность различия между загрязненными зонами и контролем оценивалась по t-критерию Стьюдента [4].

В общем, было заложено 53 почвенных разреза, из них 2 на фоновых территориях, 36 на черноземах обыкновенных, 15 на черноземах южных. На ключевых разрезах было отобрано следующее количество почвенных образцов: 22 на фоновых территориях; 168 на черноземах обыкновенных и 86 на черноземах южных.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Генетические горизонты почвы, которые являются результатом действия почвообразовательных процессов, можно также рассматривать как совокупность геохимических барьеров. Поэтому распределение техногенных тяжелых металлов по почвенному профилю отображает экологическую роль исследуемых барьеров в процессах миграции и аккумуляции металлов.

Проведенными исследованиями выявлено чрезмерное накопление железа во всех выделенных почвенных горизонтах в черноземах обыкновенных и южных (рис. 1 и рис. 2). Содержание этого металла в почвах контрольных участков составляет 771 - 1494 мг/кг, в то время как в черноземах обыкновенных - 1294 - 1712 мг/кг, в черноземах южных - 1335-1846 мг/кг, что на 30 - 80 % выше ( $P < 0,05$ ).

Данное явление может быть объяснено тем, что в добываемой руде железо содержится в повышенном количестве. Как следствие - высокое содержание железа в техногенной атмосферной пыли и его интенсивное поступление и накопление в почвах.

Анализ полученных данных показал, что в почвах Кривбасса геохимические барьеры миграции оказывают разнонаправленное влияние на распределение марганца (рис. 1 и 2).

Установлено, что количество марганца в почвах контроля находится на уровне 163-318 мг/кг. В черноземах обыкновенных его содержание в 1,3-2,5 раза выше ( $P < 0,05$ ) и составляет 267 – 464 мг/кг, т.е. имеет место техногенная аккумуляция. Одновременно выявлено, что в черноземах южных концентрации марганца находятся в пределах 130-253 мг/кг, что на 60-85% ( $P < 0,05$ ) ниже значений контроля. В последнем случае происходит техногенное выщелачивание марганца.

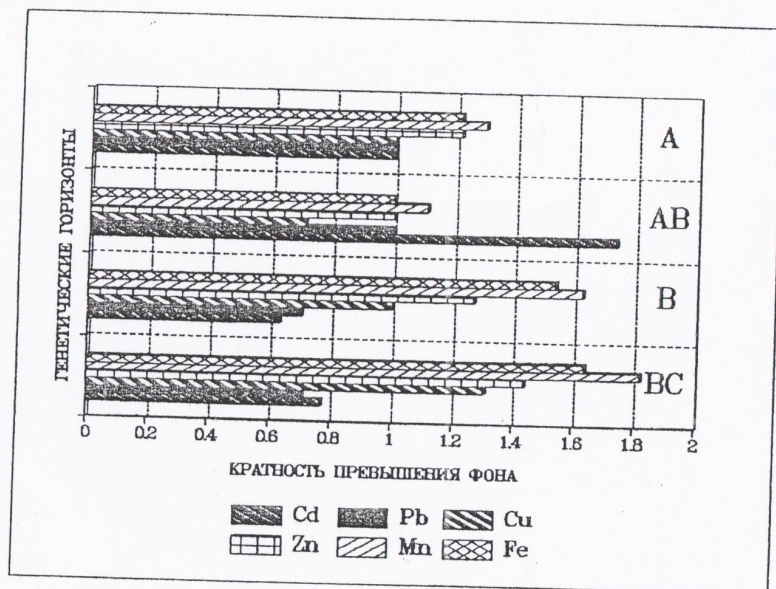


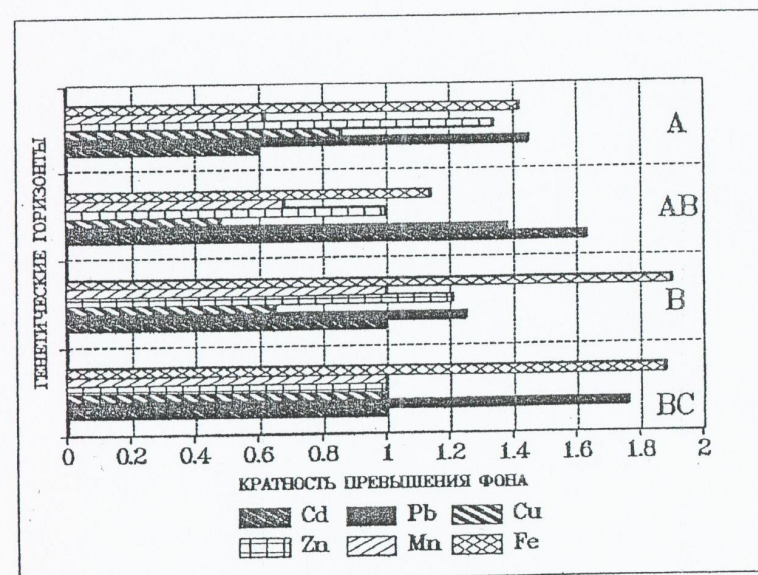
Рис. 1 - Распределение тяжелых металлов по почвенному профилю в черноземах обыкновенных (генетические горизонты: А — гумусовый аккумулятивный, АВ — гумусовый переходный; В — иллювиальный; ВС — переходной иллювиальный)

Такое различие, по нашему мнению, обуславливается свойствами почв и геохимическими особенностями металла. Известно, что подвижность марганца зависит от окислительно-восстановительных условий [3, 5]. При изменении нейтральной реакции почвы на щелочную,

что наблюдается при переходе от черноземов обыкновенных к черноземам южным, происходит увеличение почвенного окислительного потенциала. Поэтому марганец, окисляясь до  $Mn^{+4}$ , переходит в малодоступные для высших растений формы [8], т.е. имеют место процессы иммобилизации этого металла.

Анализ полученных данных показал, что техногенный цинк аккумулируется как в черноземах обыкновенных, так и в черноземах южных

Рис. 2. Распределение тяжелых металлов по почвенному профилю в черноземах южных (генетические горизонты: А- гумусовый аккумулятивный, АВ - гумусовый переходный; В – иллювиальный; ВС – переходной иллювиальный)



(рис. 1 и 2). Так если в почвах контроля содержание цинка составляет 17,35 - 21,40 мг/кг, то в черноземах обыкновенных и южных на 1,3 - 1,8

раза выше ( $P < 0,05$ ). В загрязненных почвах его количество находится в пределах, 18,94-32,82 мг/кг и 17,94 - 30,44 (соответственно для черноземов обыкновенных и южных).

Исследованиями установлено, что в почвах контроля содержание меди варьирует в пределах 5,12 – 8,43 мг/кг. В то время как в техногенно-загрязненных почвах количество этого металла несколько иное. Так, в черноземах обыкновенных оно составляет 3,87 - 7,11 мг/кг, а в черноземах южных 2,62 - 6,24 мг/кг. При этом необходимо подчеркнуть, что генетические горизонты почв оказывают существенное и разнонаправленное влияние на распределение меди в почвенном профиле.

В черноземах обыкновенных и южных в поверхностном гумусо-аккумулятивном горизонте (А) содержание меди находится практически на одном уровне с фоновыми значениями. Выщелачивание меди установлено в гумусовом переходном (АВ) и аллювиальном (В) почвенных горизонтах, где его количество на 60 - 85% в черноземах обыкновенных и на 30-60% в черноземах южных ниже контроля ( $P < 0,05$ ). Аккумуляция меди наблюдается только в переходном аллювиальном горизонте ВС. В отмеченном почвенном горизонте черноземов обыкновенных содержание металла на 20% выше контроля ( $P < 0,05$ ).

Выявленный характер распределения металла по почвенному профилю обусловлен действием геохимических барьеров. В связи с тем, что содержание меди в почвах практически не зависит от почвенных свойств, происходит ее выщелачивание из верхних горизонтов и миграция вниз по почвенному профилю за его пределы.

Характер содержания свинца в исследованных почвах существенно отличается (рис. 1 и 2). Установлено, что количество металла в почвах локальных фоновых участков составляет 2,15 - 2,85 мг/кг.

Выявлено, что в черноземах обыкновенных содержание свинца варьирует в пределах 1,86 - 3,16 мг/кг, что в ряде случаев на 60-85% ниже контроля ( $P < 0,05$ ). В то время как, в черноземах южных имеет место накопление свинца, где его количество (2,48 - 5,02 мг/кг) в 1,2 - 2,2 раза выше фоновых значений ( $P < 0,05$ ).

Как было установлено корреляционно-регрессионными расчетами, количество свинца в почве в достаточной степени контролируется ее свойствами. Поэтому можно предположить, что в черноземах обыкновенных понижение содержания этого металла происходит за счет его иммобилизации, обусловленной действием геохимических барьеров миграции.

В связи с низкими концентрациями кадмия в железорудном сырье, распределение этого металла в исследованных почвах практически полностью "контролируется" геохимическими барьерами миграции (рис. 1 и 2).

Накопление подвижных форм кадмия отмечается только в переходном аллювиальном горизонте ВС, где его количество 1,7-2,3 раза выше контроля ( $P < 0,05$ ). Содержание кадмия в данном горизонте составляет 0,45 - 0,63 мг/кг в черноземах обыкновенных и 0,35 – 0,67 в черноземах южных, против 0,24 – 0,27 в контрольных участках,

В остальных горизонтах его содержание или находится на уровне фоновых значений, или несколько (на 15 - 20%) ниже их ( $P < 0,05$ ). Указанные закономерности в одинаковой мере характерны как для черноземов обыкновенных, так и для черноземов южных.

Таким образом, нами было изучено влияние геохимических барьеров на распределение аэротехногенных тяжелых металлов в почвах Кривбасса. При этом было установлено, что геохимические барьеры миграции не в состоянии «контролировать» процессы распределения железа и цинка. Вследствие этого отмечается их аккумуляция в большинстве почвенных горизонтах. Поэтому можно предложить, что в регионе будет происходить миграция железа и цинка из почвы в атмосферный воздух, грунтовые воды, растения, попадая в конечном итоге в пищевые цепи питания.

В связи с тем, что содержание меди в черноземах обыкновенных и южных не зависит от их свойств, имеет место ее миграция за пределы почвенного профиля. В этой связи можно спрогнозировать, что данный металл в объектах окружающей среды в высоких концентрациях накапливаться не будет. Однако медь является важным для живых

организмов микроэлементом, и поэтому в аграрном производстве необходимо внесение дополнительного количества элемента в почвы региона.

Выполненными исследованиями установлено, что геохимические барьеры обуславливают иммобилизацию свинца в черноземах обыкновенных, марганца в черноземах южных. Вот почему их содержание в этих почвах ниже значений локального фона. Однако, если для свинца его иммобилизация имеет положительный эффект для состояния окружающей среды региона, то для марганца нет. Поэтому для оптимизации содержания последнего в черноземах южных необходимо внесение марганецсодержащих микроудобрений.

В общем, экологическая роль геохимических барьеров почвы заключается в том, что почва регулирует потоки техногенных тяжелых металлов. В результате чего определяется направление дальнейшей миграции этих загрязнителей в окружающей среде. В ряде случаев имеет место иммобилизация некоторых металлов и их переход в экологически безопасное состояние. Поэтому установленные закономерности могут быть использованы при разработке природоохранных мероприятий, проводимых в горнорудном регионе.

### ВИВОДИ

1. Геохимические барьеры миграции не в состоянии "контролировать" распределение железа и цинка в почвах Кривбасса (черноземах обыкновенных и южных). Поэтому в большинстве почвенных горизонтов отмечается их техногенная аккумуляция.
2. В связи с тем, что содержание меди в исследуемых почвах практически не зависит от ее свойств, происходит миграция этого металла за пределы почвенного профиля.
3. Геохимические барьеры обуславливают иммобилизацию свинца в черноземах обыкновенных, а марганца - в черноземах южных, вследствие чего содержание этих элементов в почвах Кривбасса ниже значений локального фона.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Алексеев Ю.А. Тяжелые металлы в почвах и растениях.- Л.: Агропромиздат.-1987.- 150 с.
2. Алехин Ю.В., Папицкий Е.А., Савенко В.С., Иммобилизация элементов загрязнителей в местах складирования отходов как один из способов защиты окружающей среды //Тез. док. меж. науч.-прак. конф. "Экологические аспекты загрязнения окружающей среды". - Ч.2. - Киев.- 1996.- С. 118-119.
3. Ковда В.В. Основы учения в почвах Т.2. Общая теория почвообразовательного процесса.- М.: Наука, 1973.-240 с.
4. Лакин А.А. Биометрия.- М.: Наука, -1990.- 200 с.
5. Перельман А.И. Геохимия.- М.: Высшая школа, 1979.- 277 с.
6. Перельман А.И. Очерки геохимии ландшафта.- М.: Государственное издательство географической литературы, 1955. - 392 с.
7. Сергеев В.И., Шимко Т.Г., Кумшова М.Л., Малащенко З.П. Грунтовая толща зоны аэрации как естественный геохимический барьер на пути миграции тяжелых металлов из мест складирования отходов //Тез. док. между. науч.-прак. конф. «Экологические аспекты загрязнения окружающей среды». - Ч.2. - Киев.- 1996.- С. 116-117.
8. Цветкова Н.Н. Особенности миграции органо-минеральных веществ и микроэлементов в лесных биоценозах степной Украины.- Днепрпетровск.: Изд-во ДГУ, - 1992.- 238 с.

### ECOLOGICAL IMPORTANCE OF THE GEOCHEMICAL BARRIERS IN DISTRIBUTION OF THE HEAVY METALS IN SOIL OF KRIVBASS. Savosko V.N.

Acid soluble heavy metals (Fe, Mn, Zn, Ni, Cu, Pb, Cd) in soil of Krivbass (south and usual chernozem) have been researched. Performed analysis of their distribution according to soil type allowed to reveal the environmental importance of geochemical migration barriers. It was established that barriers haven't essential influence on abundance of iron, zinc, copper. At the same time they result the immobilization manganese in south chernozem and lead in usual chernozem.