

Савосько В.Н. Влияние запыления приземного слоя атмосферы на распределение подвижных форм тяжелых металлов по почвенному профилю в горнорудном регионе / природа техногенно легкого металла © 2003 г. В. Н. Савосько

Криворожский государственный педагогический университет, пр. Гагарина, 54, г. Кривой Рог, 50086, Украина

### ВЛИЯНИЕ ЗАПЫЛЕНИЯ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПО ПОЧВЕННОМУ ПРОФИЛЮ В ГОРНОРУДНОМ РЕГИОНЕ

Савосько В. Н. Влияние запыления приземного слоя атмосферы на распределения подвижных форм тяжелых металлов по почвенному профилю в горнорудном регионе. – Изучено распределение подвижных форм тяжелых металлов (Fe, Mn, Zn, Ni, Cu, Pb, Cd) в почвах территорий, прилегающих к Северному горно-обогатительному комбинату (г. Кривой Рог, Днепропетровская обл., Украина), при различных уровнях запыления приземного слоя атмосферы. В почвах выявлено накопление и выщелачивание тяжелых металлов. Техногенная пыль приземного слоя атмосферы оказывает существенное влияние на распределение металлов по почвенному профилю. Ключевые слова: тяжелые металлы, горнорудный регион, накопление, выщелачивание.

Савосько В. М. Вплив запылення приземного шару атмосфери на розподіл рухливих форм важких металів ґрунтового профілю в гірничорудному регіоні. – Вивчено розподіл рухливих форм важких металів (Fe, Mn, Zn, Ni, Cu, Pb, Cd) у ґрунтах територій, що прилягають до Північного гірничо-збагачувального комбінату (м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл., Україна), при різних рівнях запылення приземного шару атмосфери. У ґрунтах виявлені нагромадження і вищелачивання важких металів. Техногенний пил приземного шару атмосфери впливає на розподіл металів ґрунтового профілю. Ключові слова: важкі метали, гірничорудний регіон, нагромадження, вилугування.

Savosko V. M. Influents dust levels in air to heavy metals discription into soil profile at ore-mining region. – The estimation the distribution of heavy metals (Fe, Mn, Zn, Ni, Cu, Pb, and Cd) in soil in north part of the Kryvyi Rih Ore mining region was executed. It was established that in investigated soils there is an accumulation and leaching of these metals. Among the soil horizons, the humus transition AB-horizons were the most sustainable to metal fallout influence. In it the amount of majority metals remains within the local reference range. The levels of dust content in air had a statistically significant influence on the heavy metal distribution into soil profile. The concentration of Fe in A, AB, BC horizons: of Mn in A horizon: of Ni in A and BC horizon: of Cd in AB, BC and BC horizons correlated with atmospheric dust. In soil the distractions of the metals associations were revealed.

Key words: accumulation, heavy metals, Kryvyi Rih Ore dressing combine, leaching, soil.

**Введение.** Все усиливающийся «металлический пресс» на биосферу вызывает необходимость поиска новых подходов для восстановления загрязненных земель, высокая эффективность и низкая себестоимость которых обуславливалась бы экологическими функциями почвы [7, 8, 9, 10].

Как известно, на содержание тяжелых металлов в почвах оказывает влияние значительное число факторов. Все они в конечном итоге могут быть объединены в две основные группы: экзогенного (качественные и количественные характеристики источников эмиссии металлов) и эндогенного характера (экологические свойства почвы) [1, 3, 5, 11, 12, 14, 17, 23]. Выявление доли участия вышеуказанных факторов в распределении тяжелых металлов позволит предложить стратегию оптимизации их содержания с учетом влияния экологических функций почвы. Вполне логично, что содержание пыли в приземном слое атмосферы может быть тем интегральным показателем, который информативно отображает качественные и количественные характеристики источников эмиссии тяжелых металлов [5, 20, 21, 22, 23, 26].

Исходя из вышеизложенного, очень важно и актуально изучение влияния запыления приземного слоя атмосферы на распределения тяжелых металлов по почвенному профилю, что и явилось целью настоящей работы. Достижение поставленной цели осуществлялось посредством решения следующих задач: а) исследования азротехногенного влияния на распределение подвижных форм тяжелых металлов в почве; б) выявления зависимостей содержания тяжелых металлов в горизонтах почвы от уровней концентрации пыли в приземном слое атмосферы.

**Объект и методы исследований.** Исследовались почвы территорий, прилегающей к Северному горно-обогатительному комбинату (г. Кривой Рог, Днепропетровская область, Украина). Комбинатом ежегодно добывается около 30 млн. т железной руды и производится около 9-10 млн. т железного концентрата – окатышей [15]. При таких объемах производства в атмосферу за год выбрасывается порядка 14-16 тыс. т загрязняющих веществ, в составе которых доминирует пыль (55-65%) [27]. По литературным данным техногенная пыль Криворожских ГОКов характеризуется повышенным содержанием тяжелых металлов. Поэтому в атмосферном воздухе вблизи Северного ГОКа концентрации железа и марганца в 4-6 раз, никеля и меди в 5-7 раз, превышают региональный геохимический фон [27].

Тяжелые металлы исследовались в почвах трех техногенно-загрязненных зон (ТЗЗ), которые характеризуются различными уровнями содержания пыли в приземном слое атмосферы. Выбор пробных площадок был осуществлен на основании анализа карты распределения атмосферной пыли. Расчет и построение этой карты выполнялся с применением прикладной программы ПЛЕНЕР 2.15 для IBM PC [24].

В качестве контроля была использована территория локального фонового участка. Этот участок находился вне зоны рассеивания пыли, но в пределах природной геохимической аномалии Криворожского

региона. Применяемый подход позволяет наиболее точно выделить долю участия техногенного фактора в содержании тяжелых металлов в загрязненных почвах [1, 11, 12, 14].

Почвенный покров исследуемых территорий представлен черноземами обыкновенными мощными и среднемошными, среднетугосными на лессовидных суглинках. Содержание гумуса в этих почвах составляет 4-6%, суммы обменных оснований 35-45 мг-экв/100 г почвы [2, 4].

На пробных площадках было заложено 38 почвенных разрезов (из них – 36 в загрязненных зонах) и взято для исследований 188 почвенных образцов (в том числе – 168 в зоне влияния Северного ГОКа).

В настоящей работе определялось и анализировалось содержание подвижных форм тяжелых металлов. Для их экстракции навеску почвы обрабатывали 1 М HNO<sub>3</sub> (соотношение почва кислота 1:10) [1]. Определение металлов (железа, марганца, цинка, никеля, меди, свинца и кадмия) выполнялось на атомно-адсорбционном спектрофотометре ААС-30 фирмы Karl Ceis-Jena (Германия)

Статистическая обработка полученных результатов осуществлялась посредством использования стандартных методик описательной, корреляционной и регрессионной статистик [16, 19].

Результаты и обсуждение. В настоящее время самым распространенным методологическим подходом к оценке техногенного влияния на содержание тяжелых металлов в почвах является сравнение выявленных значений с контрольными [1, 6, 11, 12, 25]. В качестве таковых используют гигиенические нормативы или результаты, полученные на «чистых» территориях. Однако в большинстве случаев для этой цели изучались лишь поверхностные слои почвы (0-10, 0-20 см) или гумусовый горизонт [5, 14, 17, 23]. Вместе с тем, рассматривая почву как целостное природное тело, необходимо исследование всех ее генетических горизонтов. Поэтому нами для оценки содержания подвижных форм тяжелых металлов в загрязненных почвах применялся следующий метод. Для каждого горизонта почвы определялось свое условно-чистое значение содержания металла, полученное на территории локального фонового участка. В дальнейшем эти значения использовались как контрольные для оценки наличия техногенного влияния в зоне действия Северного ГОКа. В нашей работе выделялись и анализировались следующие генетические горизонты черноземов обыкновенных: гумусовый (А); гумусовый переходной (АВ); илловальный (В); илловальный переходной (ВС).

Согласно современным гигиеническим представлениям, уровень загрязнения не превышающий установленной предельно-допустимой концентрации (ПДК), является безопасным для человека [6, 25]. Однако в почвах, находящихся под влиянием концентрации пыли в 0.3-1.0 ПДК, выявлены существенные изменения в содержании подвижных форм тяжелых металлов (табл. 1).

Таблица 1. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах территории, прилегающей к Северному горно-обогатительному комбинату, мг/кг абсолютной сухой почвы

Генетический горизонт	Зона исследования	Тяжелые металлы						
		Железо	Марганец	Цинк	Никель	Медь	Свинец	Кадмий
А	Контр	1266±17.58	299.7±18.30	21.40±0.89	26.48±1.84	5.38±0.10	2.15±0.11	0.44±0.03
	TЗЗ-1	1439±59.9*	425.7±23.71*	18.94±2.38	39.83±3.57*	5.36±0.81	1.80±0.10*	0.30±0.03*
	TЗЗ-2	1488±14.38*	469.9±14.38*	26.85±1.59*	27.20±2.14	4.87±0.77	2.65±0.45	0.54±0.02*
	TЗЗ-3	1712±154.2*	276.2±113.34	32.82±5.28*	26.16±3.98	5.12±2.07	1.93±0.23	0.42±0.02
АВ	Контр	1494±52.10	318.2±14.33	25.00±2.76	34.61±3.82	8.43±0.98	2.50±0.24	0.27±0.05
	TЗЗ-1	1489±45.61	353.8±26.40*	24.27±3.56	35.95±2.99	6.38±0.85	1.87±0.11*	0.32±0.04
	TЗЗ-2	1451±30.70	434.3±15.17*	27.95±2.29	26.23±3.00	4.87±0.29*	3.16±0.39	0.45±0.03*
	TЗЗ-3	1617±101.1	262.4±21.49*	24.95±1.80	29.28±1.54	6.36±0.83	2.10±0.17	0.63±0.05*
В	Контр	838.8±140.9	177.1±32.62	17.89±0.65	25.26±1.38	5.14±0.33	2.82±0.09	0.79±0.06
	TЗЗ-1	1246±64.55*	267.1±34.31*	19.47±3.45	24.83±2.52	6.48±1.21	1.78±0.11*	0.28±0.07*
	TЗЗ-2	1323±67.44*	351.0±53.84*	27.95±0.57*	33.31±6.71	3.87±0.78	2.06±0.12*	0.51±0.01*
	TЗЗ-3	1294±94.51*	246.8±29.81*	20.76±2.22	24.70±1.05	4.62±0.79	1.88±0.12*	0.70±0.09
ВС	Контр	824±109.9	163.3±28.78	17.36±0.74	24.55±1.29	5.12±0.26	2.85±0.07	0.79±0.05
	TЗЗ-1	1428±46.24*	272.6±42.88*	22.13±2.92	41.45±7.81*	6.20±0.31*	2.14±0.13*	0.53±0.11*
	TЗЗ-2	1408±45.65*	399.7±29.72*	31.25±2.19*	30.28±2.04	7.11±0.67*	1.93±0.16*	0.46±0.01*
	TЗЗ-3	1220±54.74	220.6±10.03*	21.44±1.04*	24.55±1.29	6.47±0.76	2.03±0.07*	0.83±0.09

Примечание: \* – различие с контролем достоверно при P<0.05; Контр – территория локального фонового участка; ТЗЗ-1 – техногенно-загрязненная зона с минимальными уровнями содержания пыли в приземном слое атмосферы (0.3-1.0 ПДК); ТЗЗ-2 – техногенно-загрязненная зона с средними уровнями содержания пыли в приземном слое атмосферы (1.0-2.0 ПДК); ТЗЗ-3 – техногенно-загрязненная зона с максимальными уровнями содержания пыли в приземном слое атмосферы (2.0-4.0 ПДК).

В поверхностном гумусовом горизонте отмечается накопление железа, марганца, никеля. Количество этих металлов в 1,2-1,5 раза превышает значения локального фонового участка. В этом горизонте отмечается также выщелачивание свинца и кадмия, их концентрации на 20-30% ниже контроля.

Установлено, что наименьшее техногенное влияние на распределение металлов отмечается в гумусовом переходном горизонте. В нем выявлено только незначительное накопление марганца (его концентрации были на 15% выше контроля) и выщелачивание свинца, содержание которого на 25% ниже. В илловальном горизонте концентрации железа и марганца в 1,45-1,50 раз превышают значения локального фонового



участка. Одновременно выявлено, что содержание кадмия и свинца в нем на 35-75% ниже. В иллювиальном переходном горизонте концентрации всех исследованных тяжелых металлов отличны от фоновых значений. В нем происходит накопление железа, марганца, цинка, никеля, меди (количество этих металлов в 1,2-1,7 выше контроля). Также необходимо отметить, что содержание свинца и кадмия на 25-35% ниже фона.

Данные табл. 1 свидетельствуют, что в почвах, находящихся под влиянием атмосферной пыли с более высокой концентрацией (1,0-2,0 ПДК) происходит накопление и выщелачивание подвижных форм тяжелых металлов. В горизонте А аккумулируются железо, марганец, цинк (коэффициенты накопления этих металлов составляют 1,2-1,5 раза). В горизонте АВ выявлена техногенная аккумуляция марганца и кадмия (коэффициенты их накопления составляют 1,4 и 1,7 раза, соответственно). Содержание железа, марганца и кадмия в горизонте В выше, чем в контроле в 1,4-2,0 раза. Как и в предыдущей зоне, в самом глубоком горизонте ВС установлено максимальное число аккумулирующихся металлов, а также максимальные уровни их накопления. Содержание железа, марганца, меди в этом горизонте в 1,4-2,5 раз превышает фоновые значения. Техногенное выщелачивание в этой зоне выявлено: меди в горизонте АВ (ее концентрации на 45% ниже контрольных значений); свинца в горизонтах В и ВС (его содержание на 25-35% ниже фона, а также кадмия в горизонте ВС, где количество металла на 20-35% меньше контроля).

В зоне с максимальными уровнями концентрации пыли в приземном слое атмосферы установлены следующие особенности распределения подвижных форм тяжелых металлов по почвенному профилю. В гумусовом горизонте выявлена техногенная аккумуляция железа и цинка, где их содержание в 1,4-1,5 раза выше контрольных значений. В горизонте АВ концентрация кадмия в 2,3 раза превышает фон. Наряду с этим здесь отмечается выщелачивание марганца, его количество на 20% ниже контроля. В иллювиальном горизонте выявлена техногенная аккумуляция железа и марганца (коэффициенты накопления для этих металлов составляют 1,4-1,5 раза), в то время как, содержание свинца – на 30% ниже фоновых значений. В иллювиальном переходном горизонте техногенный фактор оказывает незначительное влияние на распределение тяжелых металлов. Так, содержание марганца и цинка в 1,2-1,4 раза превышает контроль, тогда как, свинца и кадмия на 30% ниже. Концентрация остальных металлов находится на одном уровне со значениями, выявленными на территории локального фонового участка.

Таким образом, в почвах, находящихся в зоне влияния пылевых эмиссий Северного ГОКа, происходит аккумуляция и выщелачивание подвижных форм тяжелых металлов. Техногенное влияние обуславливает изменение распределения металлов в 57% исследованных образцов почвы (в 39% случаев отмечается их накопление, а 18% – выщелачивание). Установлено, что накопление характерно для железа, цинка и никеля, выщелачивание – для свинца. В то время как, в распределении марганца, меди и кадмия отмечается одновременное протекание этих процессов.

В результате выполненных математических расчетов было подтверждено, что между содержанием пыли в приземном слое атмосферы и распределением подвижных форм тяжелых металлов по почвенному профилю существуют статистически значимые зависимости (табл. 2). Так, содержание подвижных форм железа в горизонтах А, В и ВС достоверно коррелирует с концентрациями пыли. Выявленные коэффициенты в горизонте В указывают на наличие сильной связи ( $|r^2| > 0,7$ ), а в горизонтах А и ВС очень сильной связи ( $|r^2| > 0,9$ ). При этом необходимо отметить, что в гумусовых горизонтах (А и АВ) выявленные зависимости имеют прямую направленность, т.е. с увеличением концентрации пыли в приземном слое атмосферы происходит более интенсивное накопление железа. В то время как, в горизонте ВС значения коэффициентов корреляции ( $r^2 < 0$ ) указывают на наличие обратной связи, т.е. минимальные уровни накопления металла выявлены в зоне с минимальным содержанием пыли в приземном слое атмосферы.

Таблица 2. Коэффициенты корреляции зависимости содержания тяжелых металлов от уровня пыли в приземном слое атмосферы

Генетический горизонт	Металл						
	Fe	Mn	Zn	Ni	Cu	Pb	Cd
А	0,98*	0,83*	0,97*	0,81*	-0,34	-0,15	0,36
АВ	0,83*	-0,66	0,13	-0,54	0,14	0,10	0,99*
В	0,49	-0,34	0,01	0,17	-0,56	0,20	0,97*
ВС	0,96*	-0,42	0,22	0,94*	0,13	-0,38	0,85*

Примечание: \* – статистически достоверные коэффициенты корреляции ( $P < 0,05$ )

Данные табл. 2 подтверждают, что для марганца характерны отрицательные значения коэффициентов корреляции. Однако, только в гумусовом горизонте выявлена достоверная сильная связь ( $|r^2| > 0,7$ ). Как и в предыдущем случае, статистически значимая связь содержания цинка с уровнем запыления атмосферного воздуха имеет место только в горизонте А. Однако, в отличие от марганца, для этого металла установлена прямая ( $r^2 > 0$ ) и очень сильная связь ( $|r^2| > 0,9$ ).

Содержание подвижных форм никеля в поверхностном гумусовом и самом глубоком иллювиальном горизонтах коррелирует с концентрациями пыли приземного слоя атмосферы. Численные значения модуля коэффициентов корреляции подтверждают наличие в горизонте А сильной связи ( $|r^2| > 0,7$ ), а в горизонте ВС

очень сильной связи ( $|r^2| > 0,9$ ). К сказанному следует добавить, что во всех случаях выявленная связь имеет обратную направленность ( $r^2 < 0$ ).

Распределение подвижных форм свинца и меди по почвенному профилю практически не зависит от уровня содержания пыли в приземном слое атмосферы. Поэтому для этих металлов не выявлено ни одного статистически достоверного коэффициента корреляции.

Анализ полученных данных показал, что содержание кадмия в горизонтах АВ, В и ВС статистически достоверно зависит от концентрации пыли. При этом важно отметить, что во всех случаях выявлена прямая корреляционная связь ( $r^2 > 0$ ), которая в горизонте ВС может быть оценена как сильная ( $|r^2| > 0,7$ ), а в горизонтах АВ и В как очень сильная ( $|r^2| > 0,9$ ).

Таким образом, результаты проведенных расчетов подтвердили гипотезу, что техногенная пыль приземного слоя атмосферы оказывает существенное влияние на распределение подвижных форм металлов по почвенному профилю. Численные значения рассчитанных коэффициентов корреляции в ряде случаев (кадмий в горизонтах АВ и В; железо и цинк в горизонтах ВС и А) указывают на наличие, практически, функциональной зависимости. Выполненный анализ знаков выявленных коэффициентов показал, что у кадмия и цинка установленная связь имеет прямую направленность; у марганца и никеля обратную. Для железа в двух случаях выявленная связь имеет прямую направленность, а в одном обратную. Среди почвенных горизонтов, максимальное число коэффициентов корреляции (4) отмечается в горизонте А. В самом глубоком горизонте ВС достоверными выявлено 3 коэффициента корреляции, в то время как горизонте АВ только 2.

**Выводы.** 1. В почвах находящихся в зоне аэрогенного влияния Северного ГОКа, выявлено накопление и выщелачивание подвижных форм тяжелых металлов. В распределении железа, цинка, никеля достоверно только их накопление; для свинца характерно его выщелачивание. Для кадмия, меди и марганца отмечается одновременное протекание этих двух процессов.

2. Техногенная пыль приземного слоя атмосферы оказывает существенное влияние на распределение подвижных форм тяжелых металлов по почвенному профилю. Полученные коэффициенты в ряде случаев указывают на наличие практически функциональной зависимости ( $|r^2| > 0,95$ ).

#### Список литературы

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
2. Атлас почв Украинской ССР / Под ред. Н.К. Крупского, Н.И. Полуяна. – К.: Урожай, 1979. – 160 с.
3. Бабеева Н.О., Главати О.Л., Главати Л.О. Влияние органических и неорганических веществ на движение тяжелых металлов (Обзор) // Экоэкология и ресурсосбережение. – 2000. – № 6. – С. 38-47.
4. Булава Л.Н. Физико-географический очерк территории Криворожского горнопромышленного района / Криворожский государственный педагогический институт. – Кривой Рог, 1990. – 125 с. – (Рус. деп. в Учр. НИИИТИ № 1808).
5. Глазюкская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. – М.: Высш. шк., 1988. – 328 с.
6. Гончарук Е.И., Сидоренко Г.И. Гигиенические нормирование химических веществ в почве. – М.: Медицина, 1986. – 320 с.
7. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). – М.: Наука, 1990. – 261 с.
8. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы: функционально-экологический подход. – М.: Наука, МАИК «Наука/Интерперспектива», 2000. – 185 с.
9. Добровольский В.В. Биосферные циклы тяжелых металлов и регуляторная роль почвы // Почвоведение. – 1997. – № 4. – С. 431-441.
10. Добровольский В.В. Высокодисперсные частицы почв как фактор масспереноса тяжелых металлов в биосфере // Почвоведение. – 1999. – № 11. – С. 1309-1317.
11. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. – Новосибирск.: Наука, 1991. – 150 с.
12. Кабата-Пендас А., Пендас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
13. Касимов Н.С., Кошелева Н.Е., Самонова О.А. Подвижные формы тяжелых металлов в почвах лесостепи Среднего Поволжья (опыт многофакторного регрессионного анализа) // Почвоведение. – 1995. – № 6. – С. 705-713.
14. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова. – М.: Наука, 1985. – 263 с.
15. Кудель И.И. Комплексное использование вторичных ресурсов горно-обогатительных комбинатов УССР. – К.: Наук. думка, 1981. – 240 с.
16. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
17. Перельман А.И. Геохимия. – М.: Высш. шк., 1989. – 528 с.
18. Писанец Е.П., Титовский В.И., Бурлык А.М., Медведев А.Е. Исследование воздействия горных работ на прилегающие земли КМА // Горный журнал. – 1989. – № 2. – С. 59-61.
19. Румицкий Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. – М.: Наука, 1971. – С. 19-54.
20. Савосько В.Н. Геохимическая трансформация природных ландшафтов под влиянием горно-обогатительного комбината // Людина в ландшафте XXI столетия: гуманизация географии. Проблема постнеклассической методологии: 36. науч. прачь. – К., 1998. – С. 176-17.
21. Савосько В.Н. Экологическая роль геохимических барьеров в распределении аэрогенных тяжелых металлов в почвах Кривбасса // Вопросы биондики и экологии. – Запорожье: ЗГУ. – 2000. – Вып. № 5. – С. 145-153.
22. Савосько В.Н. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах, прилегающих к Северному горно-обогатительному комбинату (Кривбасс) // Вісник ДДУ: Біологія. Екологія. – 2000. – Вип. № 8. – Том № 2. – С. 64-69.
23. Саєт Ю.Е., Ревч Б.А., Ялин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – 336 с.
24. Сметана Н.Г., Савосько В.Н., Гапон В.А., Сметана А.Н. Методология оценки состояния окружающей среды региона // Гигиена, токсикология, физиология труда и профессиональная патология в промышленности. – Кривой Рог: Криворожский НИИ гигиены труда и профзаболеваний. – 1995. – С. 250-254.
25. Трахтенберг И.М., Калесников В.С., Луковенко В.П. Тяжелые металлы во внешней среде: Современные и гигиенические и токсикологические аспекты. – Минск: Наука и техника, 1994. – 285 с.
26. Тютюнник Ю.Г. О зависимости содержания тяжелых металлов в городских почвах от уровня загрязнения атмосферы // Агрохимия. – 1992. – № 7. – С. 115-117.
27. Тютюнник Ю., Ткаченко Н. Геохімічний вплив гірничо-збагачувальних комбінатів Кривбасу на навколишнє середовище // Ойкумена. – 1995. – № 1. – С. 133-139.