

УДК 577.486:634.9

А. А. Дубина, Н. Н. Цветкова

*Днепропетровский национальный университет им. Олеса Гончара*

## УРОВЕНЬ СОДЕРЖАНИЯ И ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕДИ В ПОЧВАХ ЛЕСНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ ПРИСАМАРСКОГО СТАЦИОНАРА

Визначено рівень вмісту та закономірності розподілу міді у ґрунтах степового та лісових біогеоценозів Присамар'я. Наведено дані про валові та рухомі форми сполук міді у ґрунтах досліджених біогеоценозів. Установлено інтервал варіювання вмісту міді у досліджених ґрунтах. Показано розподіл купрум за генетичними горизонтами ґрунту. Виявлено різницю у вмісті міді у ґрунтах різних типів ландшафту.

A. A. Dubina, N. N. Tsvetkova

*Oles' Gonchar Dnipropetrovsk National University*

## COPPER LEVEL AND DISTRIBUTION IN SOILS OF FOREST ECOSYSTEMS OF SAMARA RIVER REGION

The level and regularities of distribution of the copper in the soils of steppe and forest ecosystems of Samara river region were determined. The data on general and mobile forms of copper combination in soils of the studied ecosystems are presented. The interval of copper variation in the soils is indicated. The distribution of copper in soil genetic horizons is shown. The distinction in the copper content in soils of different types of the landscape was revealed.

### Введение

Медь как микроэлемент имеет большое физиологическое значение для растительного и животного мира. Медь, подобно железу, является в организме катализатором, ускоряющим внутриклеточные окислительно-восстановительные процессы. Согласно геохимической классификации купрум относится к переходным металлам, которые от обычных металлов отличаются переменной валентностью, легко образуют ковалентные связи в комплексных ионах и нейтральных молекулах.

По классификации В. М. Гольдшмидта [21], в основе которой лежит способность элемента концентрироваться в той или иной среде, создавать определенные химические соединения в природе, медь относится к халькофильным элементам. Эти элементы имеют склонность давать природные соединения с серой и ее аналогами по периодической системе (селеном и теллуром). В природе халькофильные элементы образуют сульфиды, селениды, теллуриды, легко переходят в самородное состояние. Примерами их могут быть *Cu*, *Zn*, *Pb*, *Cd*. Название этой группы происходит от греческого слова «халькос» – медь.

В классификации В. И. Вернадского [4; 5], учитывающей самые общие явления истории элементов земной коры, купрум относится к геохимической группе циклических элементов. Средняя распространенность меди в земной коре (массовые %), по дан-

ным А. Е. Ферсмана [15], А. П. Виноградова [6], лежит в интервале 0,0047–0,01 %. Несмотря на то, что медь относится к сравнительно малораспространенным элементам, она является весьма продуктивной в отношении образования минералов.

В зависимости от способности входить в состав минералов или формировать собственные минеральные виды все химические элементы делятся на 6 групп и купрум относится к группе главных элементов, которые участвуют в составе не менее 10 % общего числа минеральных видов. Число собственных минеральных видов меди составляет 220.

В природе медь встречается чаще всего в виде сульфидов: медный колчедан или халькопирит  $CuFeS_2$ , медный блеск или халькозин  $Cu_2S$ , бернит  $Cu_5FeS_4$ , ковелин  $CuS$ , реже теннантит  $3Cu_2S \cdot As_2S_3$ , эпаргит  $Cu_3AsS_4$  и др. Из природных окислов меди известны красная медная руда или куприт  $Cu_2O$  и тенорит  $CuO$ . Из минералов типа средних и основных солей известны: малахит  $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ , азурит  $2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ , хальканит  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ , брошантит  $CuSO_4 \cdot 3Cu(OH)_2$  и др.

Известны многочисленные исследовательские работы по определению содержания и распространения меди в почвах и почвообразующих породах (как природных, так и подверженных антропогенному влиянию) [8–10; 12; 16; 17; 19; 20].

Среднее содержание меди в почвах Русской равнины колеблется от  $10^{-4}$  % (1 мг/кг) до  $10^{-2}$  % (100 мг/кг), в почвах Латвии –  $8 \cdot 10^{-4}$  %, в почвах на месторождениях медных руд может содержаться  $> 0,1$  % меди. Переменное количество меди в почвах зависит от содержания ее в почвообразующих породах и от удерживающей способности почв. Обогащаются медью щелочные почвы, богатые гумусом и коллоидной фракцией.

Медь в почве находится главным образом в связанном виде, водорастворимая часть составляет около  $1 \cdot 10^{-5}$  % или  $< 1$  % всей меди в почве. В почвенных растворах и воде рек меди содержится около  $12 \cdot 10^{-6}$  %. Растворимость находящейся в почве меди зависит от температуры и  $pH$  среды. При  $pH < 4,5$  медь вымывается, а при  $pH > 4,5$  возможно образование труднорастворимых гидратов. В этих условиях медь может оказаться связанной в виде фосфатов, сульфатов, карбонатов и фиксируется почвами. Некоторая часть меди фиксируется в почве микроорганизмами.

По данным П. А. Власюка [7], большинство почв Украины, за исключением торфяных и дерново-подзолистых, содержит относительно много меди и вполне обеспечивает растительный покров этим элементом. Особенно богаты медью буроземы и горнолуговые почвы Закарпатья, где 100–200 мг меди приходится на 1 кг почвы, в солонцовых почвах содержание меди достигает 80–100 мг/кг. В черноземах и темнокаштановых почвах Украины содержание меди составляет 20–40 мг/кг, чего вполне достаточно для обеспечения медью растительного покрова.

Подвижность меди больше в легких почвах, меньше – в тяжелых суглинистых и еще меньше – в торфяных почвах, что зависит от степени и характера связывания почвами ионов меди.

Целью настоящей работы является выявление и обобщение данных о содержании и особенностях распространения меди в почвах степных (эталонных) и лесных экосистем Присамарского стационара.

### Материал и методы исследований

Объектами исследования в работе представлены почвы следующих биогеоценозов: степной биогеоценоз (разнотравно-типчачово-ковыльная степь), естественные лесные биогеоценозы (пакленовые и липо-ясеневые дубравы байраков южного и северно-

го вариантов, вязо-ясеневые прирусловые, центральнопойменные липо-ясеневые дубравы, галофитоидные дубравы, ольшатник, аренный суховатый бор).

Разнотравно-типчаково-ковыльная степь на черноземе обыкновенном суглинистом позволяет получить четкое представление о зональном климате, почвах и растительности. Типичным примером разнотравно-типчаково-ковыльной степи служит участок, расположенный на вершине водораздельного плато между р. Самара и р. Соловушка (Присамарский стационар, Днепропетровская область) со слабым склоном  $1,5^\circ$  северо-восточной экспозиции. Тип лесорастительных условий – суглинок сухой ( $СГ_{0-1}$ ). В травостое господствует типчак бородавчатый, тонконог изящный, чабрец Маршалла. Покрытие – 85–100 %. Почва – чернозем обыкновенный карбонатный малогумусный среднесуглинистый на лессовидных суглинках. Грунтовые воды – на глубине 40 м. Вскипание – с 46 см. По механическому составу почва тяжелосуглинистая. Верхние горизонты более пылеватые (41 % пыли), чем почвообразующая порода (36 % пыли). Количество гумуса, равное 4,3 % в верхнем горизонте, постепенно убывает с глубиной. В верхних горизонтах  $pH$  нейтральная, с глубиной реакция переходит в щелочную. Соотношение  $Ca:Mg$  равно 9,7. С глубиной доля магния незначительно возрастает, и соотношение падает до 7,0. Анализ водной вытяжки показывает отсутствие засоления. Сухой остаток равен 0,02–0,10 %. Режим увлажнения разнотравно-типчаково-ковыльной степи характеризуется локальным коэффициентом увлажнения:

$$ЛКУ = \frac{P}{E_0}, P < E_0,$$

где  $P$  – количество годовых осадков,  $E_0$  – сумма испарившейся влаги за этот же период [14].

Показатели вязо-ясеновой дубравы изучались на наиболее типичной пробной площади, расположенной в прирусловой части поймы р. Самара. В геоморфологическом отношении эта часть поймы представлена песчаными и супесчаными прирусловыми валами. Средняя глубина залегания грунтовых вод в этих условиях – 6,56 м [14]. В геоструктурном отношении прирусловье подстилается плотными серо-бурыми глинами Харьковского яруса палеогена и глинами темно-серыми вязкими (водоупор), отделенными друг от друга аллювиальными песками. Тип лесорастительных условий липо-ясеновой дубравы – супесь свежая ( $СП_2$ ). Тип световой структуры – теневой. Ажурный травяной покров состоит из крапивы двудомной, ежи сборной, купены многоцветковой, звездчатки ланцетовидной, подмаренника цепкого. Покрытие – 30 %. Лесная подстилка двуслойная, прерывистая, рыхлая, комковатолистой структуры, легко отделяется от почвы. Среднестатистический запас – 14 т/га, мощность – 1,5–2,0 см. Почва пойменно-лесная, малогумусная, выщелоченная, супесчаная, слоистая, слабо-развитая на аллювиальных отложениях, выраженной материнской породы нет, вскипание отсутствует. Почва прирусловой поймы характеризуется неоднородностью механического состава: легкий суглинок на глубине 40 см переходит в песок вязкий, подстилаемый вновь легким суглинком. Для этой почвы характерно высокое содержание фракции мелкого песка в гумусовых горизонтах (68–89 %). Содержание частиц физической глины – 6–23 %, илистых частиц – 5–10 %. Почвы прирусловья в районе исследования практически не засолены, с небольшим количеством гумуса (1,68 %), неравномерно уменьшающимся с глубиной. Реакция варьируется от слабокислой до нейтральной ( $pH = 6,5–7,0$ ); емкость поглощения – 7,8–17,7 мг-экв./100 г сухой почвы, сумма поглощенных оснований – 3–12 мг-экв. Грунтовые воды прирусловья характеризуются относительно высоким количеством сухого остатка, что, очевидно, обусловлено

влиянием высокоминерализованных вод р. Самара (1150 мг/л). Водоснабжение атмосферно-грунтовое,  $LKU = \frac{P + \Delta W}{E_0}$ .

Примером центральнопойменной липо-ясеновой дубравы может служить постоянная пробная площадь, расположенная в центральной части р. Самара. Тип лесорастительных условий центральнопойменной липо-ясеновой дубравы – суглинок свежий ( $CG_2$ ), тип световой структуры – полутеневой, III возрастной ступени. Возраст насаждения – 50–60 лет, сомкнутость древостоя – 0,8–0,9. Высота деревьев – 15–18 м, средний диаметр стволов – 25–30 см. В первом ярусе произрастают дуб черешчатый и ясень обыкновенный, во втором – клены остролистный и полевой, липа мелколистная, изредка – вяз обыкновенный. Подрост преимущественно из клена остролистного, липы мелколистной, ясеня обыкновенного. В подлеске бересклет европейский сомкнутостью 0,3. Травостой развит слабо, несет отпечаток синузидального сложения. Здесь господствуют звездчатка ланцетовидная, будра плющевидная, купырь лесной, купена многоцветковая, крапива двудомная. Подстилка – преимущественно из полуразложившихся листьев дуба и ясеня, двуслойная, прерывистая, рыхлая, мощностью 3 см. Запас подстилки – 11,3 т/га, скорость разложения – 37,7 %, количество опада – 3,35 т/га. Почвы пойменно-лугово-лесные среднегумусные средневыщелоченные суглинистые на аллювиальных отложениях. Грунтовые воды расположены на глубине 3,65 м. Увлажнение атмосферно-грунтовое,  $LKU = \frac{P - \Delta W}{E_0}$ . В механическом составе преобладают

две фракции: мелкий песок и ил. Поверхностный горизонт почв центральной поймы представлен легкой глиной, супесь начинается на глубине 200–210 см. Лесо-луговая почва центральной поймы богата гумусом (4–9 %), причем количество его вниз по профилю постепенно уменьшается. Реакция почвенного раствора лесо-луговой почвы варьируется в пределах 6,4–7,5, гидролитическая кислотность – 1,0–1,7 %. Емкость поглощения этих почв достигает 41,7 мг–экв./100 г почвы в верхнем гумусовом горизонте и постепенно уменьшается с глубиной параллельно постепенному уменьшению количества гумуса, что говорит о биогенной аккумуляции органических коллоидов в верхней части профиля за счет гумусовых веществ. Коллоиды содержат в преобладающих количествах  $Ca^{++}$  и  $Mg^{++}$ , при этом  $Ca^{++}$  превосходит содержание  $Mg^{++}$  в 1,5–2,0 раза, сумма поглощенных оснований – 7–35 мг–экв./100 г почвы.

Аренные леса юго-востока Украины расположены, главным образом, на вторых песчаных террасах Днестра и его притоков: Самары, Орели, Волчьей и др. [2; 3]. Благодаря внепоймному положению арены снижается роль факторов поемности и аллювиальности (они характерны для краткопойменных и особенно продолжительнопойменных местообитаний) и усиливается значение факторов зонального порядка. Особенности песков обуславливают здесь формирование специфических микроклиматических и почвенно-гидрологических характеристик, отличающих арены от местообитаний плакорной черноземной степи. Аренные леса в зависимости от минерализованности (плодородия) почвы, согласно типологии А. Л. Бельгарда, расчленяются на три группы (АВ, В и С). Группа АВ – это степные боры (сосняки и березняки), В – степные субори (дубо-сосняки, осинники, дубняки, серолозняки), С – судубравы (сосно-дубняки, дубняки). Структура аренных лесов носит четко выраженный амфиценотический характер [2], так как широко развиты явления остепнения, олуговения и заболачивания. Биологический круговорот веществ и отдельных элементов изучался в аренных лесах доли-

ны степных рек Орели (Котовское лесничество) и Самары (Кочережское и Краснолесское лесничества).

Примером суховатого бора может служить пробная площадь, расположенная на второй песчаной террасе долины р. Самара, на вершине дюнного всхолмленья (группа АВ). Тип лесорастительных условий – песок суховатый ( $II_1$ ). Тип световой структуры – осветленный, III возрастной ступени, световое состояние – нормальное. Тип древостоя – 10 С. об. без кустарникового подлеска. Возраст сосны – 50–60 лет, высота – 15–21 м, диаметр ствола – 25–37 см, сомкнутость – 0,5. Участки с соснами, растущими группами, чередуются с открытыми местами, где господствуют ксерофильные злаки и песчаное разнотравье. Травяной покров состоит из типчака Беккера, полыни песчаной, цмина песчаного, ежи сборной, дрока красильного. Покрытие под деревьями – 25–30 %, на полянах – 65–70 %. Лесная подстилка трехслойная, цельная, рыхлая, труховидной структуры. Первый горизонт состоит из свежеепопавшей цельной хвои, шишек и легко отделяется от второго, более разложившегося горизонта. Третий труховидный слой сухой, перемешан с почвой. Запас подстилки – 12,0 т/га, мощность – 2,47 см, общее количество опада 2,89 т/га. Почва – дерново-боровая, малогумусная, средневыщелоченная, песчаная, слабо развитая на древнеаллювиальных отложениях [14]. Механический состав дерново-боровых почв представлен песком связным мелкозернистым. Почвы арены бедны гумусом (0,4–2,7 %) и обладают кислой реакцией ( $pH = 5,8–6,4$ ), малой емкостью поглощения (3,1–4,1 мг-экв./100 г почвы) и незначительным количеством поглощенных оснований (2,3–3,5 мг-экв./100 г почвы). Увлажнение атмосферное. Грунтовые воды – на глубине 3,5 м. Превышение площади над уровнем реки – 12,5 м [14]. В суховатом бору выделены три парцеллы: сосново-зубровкавая, сосново-мертвопокровная, песчано-степная.

В качестве методов исследования в работе использованы геоботанические и биогеоценологические методы. Определение купрума проводилось эмиссионным и атомно-абсорбционным спектральными методами [1; 18]. В основу исследования положена типология естественных и искусственных лесов А. Л. Бельгарда [2; 3].

Результаты анализа обрабатывались методами вариационной статистики [11]. Рассчитывались среднее содержание меди в почве ( $\bar{C}$ ), коэффициент вариации меди в почвах ( $V$ , %), коэффициент соотношения содержания металла в почве-породе ( $K_{СПП}$ ). Каждая почвенная проба анализировалась 19 раз.

### Результаты и их обсуждение

Содержание купрума (валовая форма) в почвах степных биогеоценозов на лессе в черноземе обыкновенном варьирует в интервале 7–19 мг/кг почвы ( $V = 39$  %), причем содержание меди уменьшается по глубине почвенного профиля. Если в горизонте 0–20 см меди содержится 15–19, то в горизонте 140–150 см – 11–17 мг/кг почвы.

Количество меди в черноземе лесном дубрав байраков южного географического варианта лежит в интервале 12–20 мг/кг почвы: в верхнем почвенном горизонте (0–20 см) – 15–20, в нижнем (140–160 см) – 12–19 мг/кг почвы.

В дубравах байраков северного географического варианта в черноземе лесном на лессе содержится купрума в горизонте 0–20 см – 8–11 мг/кг, в горизонте 140–160 см – 5–7 мг/кг почвы, коэффициент вариации – 40 %.

Среднестатистический интервал варьирования содержания меди в почвообразующих породах приводораздельно-балочного ландшафта Украины (в лессах и лессовидных суглинках) в районе байраков северного географического варианта составляет 9–13 мг/кг почвы, в районе байраков южного географического варианта – 11–14 мг/кг.

Почвообразующие породы исследуемых байрачных лесов, как видно из приведенных данных, относительно близки по содержанию меди.

Закономерности распространения меди изучались в почвогрунтах краткочерноземных и аренных лесов, которые приурочены к поймам таких рек как Самара, Орель, Волчья и др., входящих в состав бассейна реки Днепр. Выбор пробных площадей производился в основных биогеоценозах прирусловой, центральной и притеррасной пойм, а также в пределах арены рек Самара и Орель.

Исследованные краткочерноземные леса прирусловой поймы обитают на пойменно-лесных малогумусных, сильновыщелоченных, супесчаных слоистых на аллювиальных отложениях почвах. В центральной части поймы находятся лугово-лесные, среднегумусные средневыщелоченные, среднесуглинистые на аллювиальных отложениях, лесо-луговые почвы с хлоридным и сульфатным засолением и без него; в притеррасной пойме – лесо-луговые, болотнолесные и лесоболотные малогумусные, суглинистые на аллювиальных отложениях. Дерново-боровые и дерново-степные малогумусные, песчаные почвы формируются на вторых песчаных террасах, сложенных песками древнеаллювиального происхождения [14]. В результате анализа этих почв на содержание меди спектральными методами установлено, что наиболее интенсивно аккумулируется медь в корнеобитаемом слое засоленных пойменных почв (табл. 1) – 64–93 мг/кг; меньше меди содержат почвы пойменные лугово-лесные незасоленные и лугово-болотные (28–31 мг/кг) и почвы дубрав прирусловой поймы (23 мг/кг). Минимальное количество меди обнаружено в почвах аренных лесов (14 мг/кг).

Таблица 1

**Среднестатистические показатели содержания меди в корнеобитаемом слое почв (мг/кг) лесных биогеоценозов Присамарского стационара**

Биогеоценоз	Тип лесорастительных условий	Почва, местонахождение	Показатели содержания меди		
			<i>n</i>	$\bar{C}$ , мг/кг	<i>V</i> , %
Вязо-ясеневая дубрава	$СП_2$	пойменно-лесная малогумусная выщелоченная на аллювиальных отложениях (прирусловая пойма)	16	23	17
Липо-ясеневая дубрава	$СГ_2$	пойменная лугово-лесная малогумусная сильновыщелоченная на аллювиальных отложениях (центральная пойма)	19	31	32
Берестовая дубрава	$СГ_23$	лугово-лесная солонцово-солончаковая хлоридо-сульфатная среднегумусная среднесуглинистая на аллювиальных отложениях (центральная пойма)	18	93	43
Галофитоидная дубрава	$СГ_33$	солончак лугово-лесной среднегумусный хлоридо-сульфатный среднесуглинистый на аллювиальных отложениях (центральная пойма)	14	64	16
Ольшатник	$СГ_4$	пойменно-лесо-болотная малогумусная суглинистая на аллювиальных отложениях (притеррасье)	11	28	46
Суховатый бор	$П_1$	дерново-боровая малогумусная выщелоченная, песчаная на древнеаллювиальных отложениях (арена)	19	14	17

В пределах конкретных типов почв отмечены значительные вариации содержания меди. Почвы пойменные лугово-лесные характеризуются коэффициентом вариации 17–32 %, что можно объяснить различной степенью увлажнения и значительными колебаниями механического состава генетических горизонтов. В засоленных лугово-

лесных солонцово-солончаковых почвах коэффициент еще выше (43 %), что, по-видимому, связано с различной степенью засоления отдельных почвенных горизонтов.

Исследовано латеральное распределение меди по генетическим горизонтам почв названных лесных биогеоценозов. Распределение меди по профилю лугово-лесных солонцовых почв характеризуется минимальным содержанием в верхних элювиальных горизонтах и значительным накоплением в иллювиальных горизонтах (60–80 см), связанных с интенсивным засолением этих горизонтов. Распределение меди по вертикальному профилю пойменных лугово-лесных почв свидетельствует об интенсивном накоплении меди в верхнем гумусированном горизонте за счет биогенной аккумуляции. Почвы дерново-боровые характеризуются уменьшенным содержанием меди по сравнению с почвообразующими породами (табл. 2).

Таблица 2

Латеральное распределение меди по почвенному профилю лесных биогеоценозов долинно-террасового ландшафта

Наименование почвы	Горизонт, см	$K_{СПП}$ меди
Дерново-боровая почва арены	$H_p$ 0–35	0,7
	$P_1$ 35–95	0,9
	$P_2 Fe_2O_3$ 160–200	1,0
Лугово-лесная солонцово-солончаковая почва центральной поймы	$H_{1e}$ 0–10	0,7
	$H_{1e}$ 0–20	0,4
	$H_1$ 26–55	0,8
	$hP_a$ 55–90	1,2
	$Ph$ 90–115	1,1
	$P$ 120–200	1,0
Лугово-лесная почва центральной поймы	$H_1$ 0–37	3,3
	$H_2$ 37–58	2,9
	$H_p$ 58–105	2,8
	$hP$ 105–140	1,3
	$Ph$ 140–200	1,0

Количество меди в подвижной форме в почве непостоянно. Растворимость находящейся в почве меди зависит от ряда причин, в том числе от температуры и  $pH$  среды. При  $pH$  менее 4,5 медь вымывается, а при  $pH$  более 4,5 возможно образование труднорастворимых гидратов. Некоторая часть меди фиксируется в почве микроорганизмами. Подвижность меди больше в легких почвах, меньше – в тяжелых суглинистых и еще меньше – в торфяных почвах, что зависит от степени и характера связывания почвами ионов меди. По данным Я. В. Пейве [13], черноземы центральных и южных областей бывшего СССР, богатые гумусовыми веществами, содержат меди в подвижной форме от 4,5 до 10 мг/кг (вытяжка 1,0 Н  $HCl$ ). Среднее содержание подвижной меди в слое 0–50 см в почвах лесных биогеоценозов Присамарского стационара составляет в дерново-боровых почвах 3,8 мг/кг (32 % валовой формы), в пойменных лугово-лесных – 6,0 мг/кг (29 %), в солончаке лугово-лесном – 5,2 мг/кг (8,8 % валовой формы).

### Выводы

Валовое содержание меди в почвах лесных биогеоценозов приводораздельно-балочного мезоландшафта Присамарского стационара варьирует от 10 до 25 мг/кг почвы, подвижные формы составляют 9–32 % от валовой формы. Распределение и содержание меди в генетическом профиле почв лесных биогеоценозов приводораздельно-балочного ландшафта зоны настоящих степей при идентичных почвообразующих породах зависит от типа биогеоценоза и его местонахождения в ландшафте.

Почвы лесных биогеоценозов долинно-террасовых ландшафтов значительно различаются по содержанию меди. Почвы прирусловой зоны содержат минимальное количество меди. Почвы центральной поймы засоленные отличаются самым большим содержанием меди. Среднестатистическое содержание меди в почвах долинно-террасового ландшафта варьирует в интервале 14–93 мг/кг.

Проведенные исследования на основе типологических принципов, разработанных А. Л. Бельгардом для лесов степной зоны, открывают новые возможности для более обоснованных рекомендаций по созданию перспективных и устойчивых лесов в условиях семиаридного климата Украины.

### Библиографические ссылки

1. **Атомно-абсорбционный** анализ в почвенно-биологических исследованиях / А. И. Обухов, И. О. Плеханова. – М. : МГУ, 1991. – 184 с.
2. **Бельгард А. Л.** Лесная растительность юго-востока УССР. – К. : Изд. КГУ, 1950. – 264 с.
3. **Бельгард А. Л.** Степное лесоведение. – М. : Лесная промышленность, 1971. – 336 с.
4. **Вернадский В. И.** Биосфера. – Л. : Наука, 1926. – 244 с.
5. **Вернадский В. И.** Избранные сочинения. – Т. 5. – М.–Л. : Изд-во АН СССР, 1954–1960. – С. 17–23.
6. **Виноградов А. И.** Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М. : Изд-во АН СССР, 1957. – 296 с.
7. **Власюк П. А.** Микроэлементы в обмене веществ и продуктивности растений // Физиология и биохимия культурных растений. – 1972. – Вып. 10, № 4. – С. 101–115.
8. **Жовинский Э. Л.** Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины / Э. Л. Жовинский, И. В. Кураева. – К. : Наукова думка, 2002. – 212 с.
9. **Ильин В. Б.** Тяжелые металлы в системе почва – растение. – Новосибирск : Наука, 1991. – 152 с.
10. **Кабата-Пендиас А.** Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М. : Мир, 1989. – 440 с.
11. **Лакин Г. Ф.** Биометрия. – М. : Высшая школа, 1990. – 352 с.
12. **Особливості** вмісту та розподілу важких металів у ґрунтах / Ю. М. Дмитрук, І. І. Назаренко, М. М. Тураш, П. Г. Назарок // Ґрунтознавство. – 2005. – № 1–2. – С. 53–62.
13. **Пейве Я. В.** Микроэлементы в сельском хозяйстве Латвийской ССР. – Рига : Изд-во ЛатССР, 1962. – 244 с.
14. **Травлев Л. П.** О пространственно-функциональной структуре лесных эдафотопов в степи // Структурно-функциональные особенности естественных и искусственных БГЦ. – Д. : Изд-во ДГУ, 1978. – С. 16–23.
15. **Ферсман А. Е.** Химические элементы Земли и космоса. – М. : Химтехиздат, 1923. – 356 с.
16. **Фоновий** вміст мікроелементів у ґрунтах України / А. І. Фатєєв, Я. В. Пащенко, С. А. Балюк та ін. / За ред. А. І. Фатєєва. – Харків, 2003. – 120 с.
17. **Цветкова Н. Н.** Особенности миграции органо-минеральных веществ и микроэлементов в лесных биогеоценозах степной Украины. – Д. : Изд-во ДГУ, 1992. – 238 с.
18. **Цветкова Н. Н.** Спектральный анализ почв / Н. Н. Цветкова, М. С. Якуба. – Д. : Изд-во ДНУ, 2006. – 96 с.
19. **Цветкова Н. М.** Техногенні аномалії важких металів у ґрунтах урболандшафтів Степового Придніпров'я (на прикладі м. Дніпродзержинська) / Н. М. Цветкова, Т. К. Клименко // Ґрунтознавство. – 2005. – № 1–2. – С. 45–52.
20. **Якуба М. С.** Аналітичний контроль мікроелементного складу ґрунтового покриву насаджень зони рекультивациі Західного Донбасу / М. С. Якуба, Н. М. Цветкова // Теорія і практика сучасного природознавства. – Херсон : Вид-во “ТІП Вишемирський В. С.”, 2007. – С. 249.
21. **Goldschmidt V. M.** Geochemistry. – Oxford : Clarendon Press, 1954. – 296 p.

Надійшла до редколегії 18.03.2009