

lat Y. V. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Science*. 2017, 8, 975. P. 975-979.

17. *Yermishev O., Lykholat O. Lykholat O.* Effect of alimentary synthetic estrogen on cell compensatory mechanisms in rats of different ages. *BIOLOGIJA*. 2017. Vol. 63. No. 2. P. 152–159.

*Надійшла до редколегії*

УДК 504.054 + 577.486

**В. Н. Зверковский, М. В. Шамрай**

*Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара*

### **ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ КАК ПОКАЗАТЕЛИ ДИНАМИКИ КРУГОВОРОТА ВЕЩЕСТВ НА РЕКУЛЬТИВИРУЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА**

Исследован биологический круговорот веществ в искусственных насаждениях участков лесной рекультивации Западного Донбасса. Определено содержание и закономерности миграции микроэлементов: марганца, меди, свинца, хрома, никеля, титана в растениях, опаде, подстилке и искусственных почвах. Установлена зависимость между содержанием микроэлементов в опаде, подстилке, почве и основными их физико-химическими характеристиками, что позволяет оценить значение различных вариантов рекультивации в предотвращении техногенного влияния на окружающую среду.

*Ключевые слова:* тяжелые металлы, биологический круговорот, лесная рекультивация, искусственные лесные насаждения.

**В. М. Зверковський, М. В. Шамрай**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

### **ВАЖКІ МЕТАЛИ ЯК ПОКАЗНИКИ ДИНАМІКИ КРУГООБІГУ РЕЧОВИН НА РЕКУЛЬТИВАЦІЙНИХ ЗЕМЛЯХ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ**

Досліджено біологічний колообіг речовин в штучних насадженнях ділянок лісової рекультивуації Західного Донбасу. Визначено зміст і закономірності міграції мікроелементів: марганцю, міді, свинцю, хрому, нікелю, титану в рослинах, опаді, підстилці і штучних ґрунтах. Встановлено залежність між вмістом мікроелементів в опаді, підстилці, ґрунті і основними їх фізико-хімічними характеристиками, що дозволяє оцінити значення різних варіантів рекультивуації в запобіганні техногенного впливу на навколишнє середовище.

*Ключові слова:* важкі метали, біологічний кругообіг, лісова рекультивуація, штучні лісові насадження.

**V. M. Zverkovsky, M. V. Shamray**

*Oles Honchar Dnipro National University*

### **HEAVY METALS AS INDICATORS OF DYNAMICS OF THE CIRCULATION OF SUBSTANCES ON RECULTIVATED LANDS OF THE WESTERN DONBASS**

The biological cycle of matter in artificial plantations of forest rehabilitation sites of the Western Donets Basin was studied.

**The content and patterns of microelements' migration in plants, tree waste, litter and soils are determined. Manganese, copper, lead, chromium, nickel and titanium were under investigation.**

**The dependence between the microelements content in tree waste, litter and soil and their main physicochemical characteristics as well as the correspondence of forest growing conditions to the optimal limits of the elements' content in soil for plants normal development are characterized.**

**The factors influencing the trace elements content in the fill-up reclaiming layer are analyzed.**

**The reasons for the wide variation range of the microelements content in the leaves of experimental trees, and the possibility of using different ground types and plantation patterns are explained. It makes possible to estimate the importance of the biological stage of rehabilitation for the preventing technogenic influence on the environment.**

*Keywords:* heavy metals, biological cycle, forest rehabilitation, afforestation.

Биологический круговорот веществ является функцией живого вещества. Изменение массы живого вещества, его структуры, химизма определяют изменение характера биологического круговорота. В. И. Вернадский писал, что «...в сущности живое вещество определяет все химические закономерности в биосфере. Биологический круговорот – всюдный процесс на нашей планете. По существу живое вещество охватывает своим влиянием всю химию земной коры и направляет в ней, почти для всех элементов, их биохимическую историю» [2].

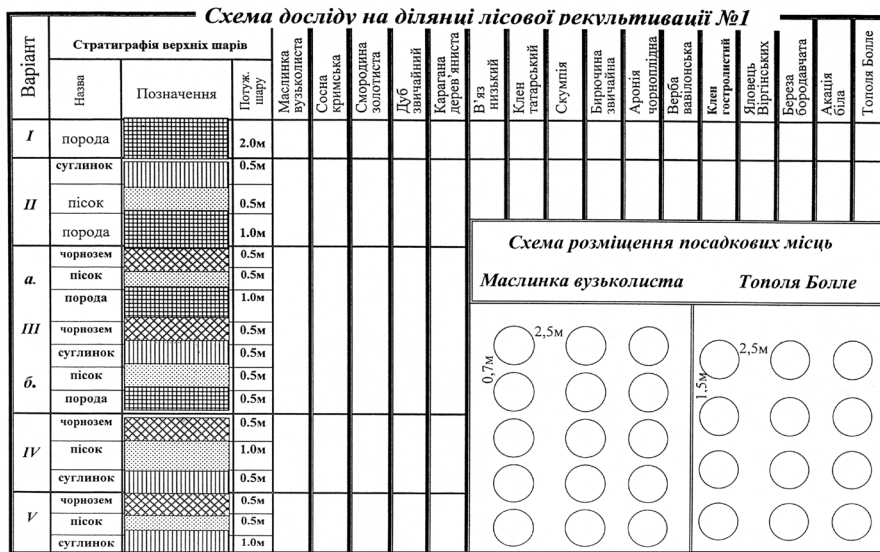
Теоретическим фундаментом работ по изучению биологического круговорота послужили учение В. И. Вернадского о биосфере, работы Б. Н. Польшова о геологической роли живого организма, учение В. Н. Сукачева о биогеоценозах. Многие вопросы биологического круговорота были разработаны в работах Н. И. Базилевич, С. В., Зонна, Л. Е. Родина, В. А. Ковды [1, 2, 6, 8, 9, 12, 13].

В связи с этим на участках лесной рекультивации Западного Донбасса решались следующие задачи:

- определение содержания и закономерностей миграции микроэлементов: в растениях, опаде, подстилке и почвах,
- установление зависимости между содержанием микроэлементов в опаде, подстилке, почве и основными их физико-химическими характеристиками.

В искусственных насаждениях участка лесной рекультивации № 1, (рис.1) исследовались закономерности распространения микроэлементов в системе почва-растение, изучались интенсивность круговорота вещества в целом и конкретных микроэлементов: никеля, свинца, меди, хрома, марганца, титана. В каждом насаждении с помощью шаблона 25x25 см в июне месяце бралась подстилка в 10-кратной повторности и в течение сентября - ноября опад. Опад и подстилка озольались и анализировались на содержание микроэлементов (валовых форм) спектральным методом, а подвижных форм атомно-абсорбционным (спектрофотометр ААС – 30).

В начальный период рекультивации содержание микроэлементов в насыпных грунтах участка рекультивации широко варьирует (табл. 1.). Шахтная порода (1-й вариант насыпного грунта) характеризуется минимальным количеством марганца (129 мг/кг) и максимальным количеством хрома (3.24 мг/кг). Грунты второго варианта (суглинок+песок+ порода) резко отличаются от грунтов первого варианта (чистая порода) по содержанию марганца, титана, хрома, меди. Добавка к породе лессовидного суглинка и песка снизила содержание титана, марганца, хрома, меди в почво – грунтах второго варианта.



**Рис. 1. Схема багаторічного експерименту на ділянці лісової рекультивативної №1 Західного Донбасу**

*Таблиця 1*

**Середньостатистичне вміст мікроелементів (валова форма) в насипних ґрунтах ділянки лісової рекультивативної Західного Донбасу**

Варіант рекультивативного шару	Елемент, мг\кг абсолютно сухого ґрунту				
	марганець	титан	хром	никель	мідь
1	129	6237	3.2	89	42
2	189	4950	0.9	18	18
3	448	7200	0.9	53	316
4	460	7175	1.4	51	276
5	469	7728	1.3	53	303

Внесення чорнозему в насипні ґрунти (варіанти 3–5) значно підвищило середньостатистичне вміст марганцю, титану, міді в едафотопіах. Якщо вміст марганцю в ґрунтах першого і другого варіанту становить 129–189 мг/кг, титану – 4950–6237 мг/кг, міді – 13–42, то в ґрунтах третього-п'ятого ділянок міститься марганцю 448–469 мг/кг, титану – 7175–7723 мг/кг, міді – 316–376 мг/кг. Виключення становлять хром і нікель, максимальна кількість яких залишається в шахтній породі (нікель – 89 мг/кг, хром 3.2 мг/кг).

Дальніші дослідження використання штучних ґрунтів для рекультивативної земель дозволили встановити характер зміни їх мікроелементного складу на різних стадіях за час існування штучних лісових насаджень. В 20-річному віці зменшилось вміст рухомого заліза, марганцю, цинку, міді, свинцю, нікелю в 2–10 раз в породі, вміст заліза, марганцю, міді в 2–8 раз в лесовидному суглинку, марганцю, нікелю – в 0.5–7 раз в піску, свинцю і марганцю – в 0.7–7 раз в чорноземі. Збільшилось вміст заліза і міді в 2 рази в чорноземі. Вміст заліза, кобальту, цинку в піску, міді, кобальту, нікелю в суглинку, нікелю, кобальту в чорноземі 1996 р. залишався на рівні початкового стану 1976 року (табл. 2, 3). Різко змінилось вміст рухомої міді, марганцю в породі за рахунок збільшення кислотності водної витяжки породи. При кислої реакції ґрунтового розчину, малою кількі-

стве коллоидной фракции органических веществ медь, кобальт, марганец и другие элементы не фиксируются и легко выносятся из почвенного профиля.

По содержанию гумуса и общего углерода насыпные грунты располагаются в восходящий ряд: песок – лессовидный суглинок – чернозем – порода. [5]. Повышенное содержание углерода в шахтной породе объясняется большим содержанием денатурированных органических соединений, не вовлекаемых в биологический круговорот.

Сравнительное изучение аналитических данных по гумусу, содержанию подвижных форм микроэлементов в грунтах и кислотности водной вытяжки свидетельствует о корреляционной связи содержания гумуса с содержанием следующих микроэлементов; железа, марганца, кобальта, никеля, свинца и об обратной пропорциональной корреляции содержания элементов с кислотностью почвенного раствора.

Таблица 2

**Среднестатистическое содержание микроэлементов (водорастворимые формы) в насыпных грунтах участка 1 (1976)**

Наименование насыпных грунтов	Содержание микроэлементов (воднорастворимые формы), мг/100г почвы						
	железо	марганец	цинк	медь	свинец	никель	кобальт
Шахтная порода	787	700	179	45	32	21	15
Песок	88	59	23	15	19	12	5
Лессовидный суглинок	70	15	26	5	22	10	7
Чернозем	35	23	24	5	16	5	5

Таблица 3

**Среднестатистическое содержание микроэлементов (подвижные формы) в насыпных грунтах участка 1 под искусственными насаждениями акации белой, лоха узколистного и можжевельника виргинского (возраст 20 лет)**

Наименование	Содержание микроэлементов (воднорастворимые формы), мг/100г почвы						
	железо	марганец	цинк	медь	свинец	никель	кобальт
Шахтная порода	240	340	26	4	21	5	6
Песок	87	8	24	6	14	5	4
Лессовидный суглинок	60	8	29	5	13	13	8
Чернозем	90	3	26	9	11	4	6

В данном многолетнем эксперименте, по-видимому, на содержание микроэлементов, в том числе марганца в воднорастворимой форме в насыпных грунтах под искусственным насаждением оказывает влияние ряд факторов: механический состав пород, кислотность водной вытяжки, а также биогенные факторы. Определяющая роль принадлежит кислотности почвенного раствора.

В настоящее время установлены оптимальные границы содержания элементов в почве для нормального развития растений. Верхние и нижние критические концентрации микроэлементов во внешней среде по данным В. В. Ковальского и др. (1979) следующие: кобальт 0.0007 – 0.003%, медь – 0.0015–0.0060%, марганец – 0,04–0,3%, цинк – 0,03–0,07%. [8]

Количественное содержание никеля, свинца, меди, хрома, марганца и титана в листьях растений варьирует в следующих пределах: никель – 0.7–3.6 мг/кг воздушно сухих листьев, свинец – 4–19 мг/кг, медь – 0.6–74 мг/кг, хром – 0.1–

1.8 мг/кг, марганец – 26–212 мг/кг, титан – 4–58 мг/кг. Широкий інтервал варіювання содержания мікроелементів в листях об'яснюється індивідуальними особливостями рослин і різним мікроелементним складом насипних едафотопів (табл. 4).

Таблиця 4

**Содержание микроэлементов в листьях древесных и кустарниковых растений участка лесной рекультивации Западного Донбасса**

Растение	Вариант	Элементы, мг\кг абсолютно сухой пробы					
		РЬ	Мп	Ti	Сг	Ni	Си
Можжевельник виргинский	1-5	14-19	26-66	16-37	0.19-0.38	0.7-2.5	2.9-9.0
Клен остролистный	1-5	6-28	70-105	27-58	0.38-1.08	1.6-8.5	44-74
Акация белая	1-5	2.4-5.8	124-212	31-49	0.30-0.42	1.5-2.4	14-36
Лох узколистный	2-5	2.4-4.5	79-150	18-66	0.66-1.8	0.8-1.2	16-55
Смородина золотистая	1-5	4.1-8.0	43-120	4-27	0.18-0.54	0.4-1.3	0.24-1
Клен татарский	1-5	7-12.4	71-175	4-8	1-2.8	0.6-1.0	7-84
Карагана древовидная	1-5	2.5-3.1	97-181	6-13	0.4-0.6	1.2-1.5	0.4-4.6
Скучпия	1-5	0.8-3.7	73-112	10-27	0.2-0.6	0.4-0.9	0.6-2.7
Береза бородавчатая	1-5	0.4-1.5	158-232	6-11	0.1-3.4	0.3-3.6	0.1-2.6
Вяз карликовый	1-5	2.0-6.0	37-81	4-11	2.0-2.8	0.9-1.8	2.0-14.4

Полученные нами материалы свидетельствуют, что используемые для лесной рекультивации почвогрунты по среднестатистическим показателям обеспечены исследованными элементами в оптимальных количествах. Однако, среда неоднородна, и могут появиться локалитеты с недостаточным или избыточным содержанием микроэлементов, что окажет существенное влияние на развитие экспериментальных культур.

Исследованные микроэлементы по количественному содержанию в листьях растений участка лесной рекультивации располагаются в следующий восходящий ряд: хром, никель, медь, свинец, титан, марганец. Приведенный ряд отличается от ряда, характерного для искусственных насаждений плакора и эродированных склонов Присамарья, расположенных на расстоянии 80-100 км от шахтных полей. Вблизи шахт значительно увеличено содержание свинца в листьях древесных пород. При этом свинец переместился с последнего места в ряду аккумуляции (минимальное содержание) в число элементов, характеризующихся средним содержанием в почве.

Исследования процессов биологического круговорота веществ на участках рекультивации раскрывают перспективность и возможность применения как различных вариантов искусственных почвогрунтов, так и конструкций лесных насаждений.

Нами планируется дальнейшее исследование миграции тяжелых металлов в процессах биологического круговорота веществ на участке лесной рекультивации № 1, где продолжается многолетний эксперимент, позволяющий оценить фактическую эффективность различных вариантов рекультивации.

### Библиографические ссылки

1. *Базилевич Н. И., Родин Л. Е.* Типы биологического круговорота зольных элементов и азота в основных природных зонах Северного полушария: Генезис, классификация и картография почв СССР// Доклады к VIII Международному конгрессу почвоведов. – М., «Наука», 1964, С. 134-146.
2. Вернадский В.И. Очерки геохимии. М.: Наука, 1960.-436с.

3. *Вильямс В. Р.* Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения. 1940, 446с.
4. *Зверковський В. М.* Фітомеліорація шахтних відвалів в Західному Донбасі //Український ботанічний журнал, Київ, 1997, №5, С. 474-481.
5. *Зверковский В. Н.* Биогеоэкологическое обоснование лесной рекультивации земель, нарушенных угольной промышленностью в степной зоне Украины. Дисс. на соиск. степени докт. биол. Днепропетровск – 1999 -516с.
6. *Зонн С. В.* Изучение почвы как компонента биогеоценоза // Програма и методика биогеоэкологических исследований – М., «Наука», 1974 - С.215-232
7. *Карпачевский Л. О., Киселева В. К.* О методике учета опада и подстилки в смешанных лесах. – Лесоведение, 1968, №3: С.73-79.
8. *Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почв химическими веществами.* –М., 1987 – С.25
9. *Ковда В. А.* Основы учения о почвах . Книга вторая. – М., «Наука», 1973, 468с.
10. *Носова Л. Н., Дылис Н. В.* Опыт определения сравнительной скорости движения органических веществ в лесных биогеоценозах. Лесоведение, 1972, С.23-29.
11. *Полынов Б. Б.* Геохимические ландшафты: Вопросы минералогии, геохимии и петрографии. – М. – Л., Изд-во АН СССР, 1946, - С. 171 – 182.
12. *Ремезов Н. Ц., Родин Л. Е., Базилевич В. И.* Методические указания к изучению биологического круговорота зольных веществ и азота наземных растительных сообществ в основных природных зонах умеренного пояса // Ботан. журн., 1965. , б 48, №6 – с.869 – 877.
13. *Родин Л. Е., Базилевич Н. И.* Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах. – Л., 1971 – 114 с.
14. *Сукачев В. Н.* Основные понятия лесной биогеоценологии // Основы лесной биогеоценологии. М.: Наука, 1964, С. 15-49.
15. *Цветкова Н. Н.* Закономерности распространения тяжелых металлов в почвогрунтах настоящих степей // Экология та ноосферологія, 1995. Т. 1. №1 – 2, С. 109 - 119
16. *Цветкова Н. Н., Зверковский В. Н., Тулика Н. П.* Динамика микроэлементного состава насыпных почвогрунтов Западного Донбасса // Антропогенные воздействия на лесные экосистемы степной зоны. Днепропетровск, ДГУ, С. 4 -10
17. *Цветкова Н. Н.* Особенности миграции органо-минеральных веществ и микроэлементов в лесных биогеоценозах степной Украины. – Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1992. – 238 с.

*Надійшла до редколегії*

УДК 582.475.1:502.211](477.65)

**О. М. Масюк, О. І. Лісовець**

*Дніпровський національний університет ім. Олесь Гончара*

## **ФОРМУВАННЯ ТРАВ'ЯНОГО ПОКРИВУ В НАСАДЖЕННЯХ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ НА РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ЗЕМЛЯХ СЕМЕНІВСЬКО-ГОЛОВКІВСЬКОГО БУРОВУГІЛЬНОГО РОЗРІЗУ**

Проведено біоєкоморфічний аналіз флори, який виявив, що формування травостою в 20-ти річних насадженнях сосни звичайної, культивованих в різних типах лісорослинних умов, створених при рекультивації буровугільних відвалів, залежить від ряду факторів: рельєфу, умов зволоження та наявності поживних речовин, густоти посадки, умов освітленості.

*Ключові слова:* рекультивація порушених земель, травостій, біоєкоморфічний аналіз, сосна звичайна.