

ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ім. О. ГОНЧАРА
ТОВ «АГЕНТСТВО «ТЕЛЕПРЕСІНФОРМ»

ЗА ПІДТРИМКИ:
НАУКОВОЇ РАДИ З ПРОБЛЕМ ҐРУНТОЗНАВСТВА НАН УКРАЇНИ
КОРДОБСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ (ІСПАНІЯ)
НАУКОВО-НАВЧАЛЬНОГО ЦЕНТРУ ДНУ ім. О. ГОНЧАРА –
ПРИСАМАРСЬКОГО БІОСФЕРНОГО СТАЦІОНАРУ ім. О. Л. БЕЛЬГАРДА

ҐРУНТОЗНАВСТВО

SOIL SCIENCE

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

Том 12

№ 1–2 (18)

Науковий журнал
Заснований у 2001 році

веб-сторінка:
www.ussj.cv.ua

Київ – Дніпропетровськ
2011

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Чл.-кор. НАНУ, д-р біол. наук **А. П. Травлєєв** (голов. редактор); акад. УЕАН, д-р біол. наук **Jose Manuel Recio Espejo** (заст. голов. редактора, Іспанія); акад. НАНУ, д-р біол. наук **К. М. Ситник** (заст. голов. редактора); акад. НАНУ, д-р біол. наук **В. Г. Радченко** (заст. голов. редактора); д-р біол. наук **Л. О. Карпачевський** (наук. редактор, Росія); д-р біол. наук **А. В. Боговін** (наук. редактор); канд. іст. наук **В. М. Петренко** (наук. редактор); **В. А. Горбань** (відп. секретар); акад. НААНУ, д-р с.-г. наук **С. А. Балиук**; д-р біол. наук **Н. А. Білова**; д-р біол. наук **Ю. І. Грицан**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **Д. М. Гродзинський**; д-р біол. наук **Гу Сіюй** (Китай); акад. РАН, д-р біол. наук **Г. В. Добровольський**; чл.-кор. НАНУ, д-р геол.-мінер. наук **Е. Я. Жовинський**; чл.-кор. НАПНУ, д-р техн. наук **М. В. Загірняк**; д-р біол. наук **Н. В. Заїменко**; д-р біол. наук **В. М. Зверковський**; д-р с.-г. наук **В. І. Канівець**; канд. біол. наук **І. В. Ковда** (Росія); д-р біол. наук **І. А. Мальцева**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **Д. О. Мельничук**; д-р біол. наук **Л. П. Мицик**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **В. В. Моргун**; канд. біол. наук **В. А. Нікорич**; д-р біол. наук **В. В. Никифоров**; д-р біол. наук **М. Є. Опанасенко**; д-р біол. наук **В. І. Парпан**; д-р біол. наук **О. Є. Пахомов**; д-р геогр. наук **С. П. Позняк**; д-р фіз.-мат. наук **М. В. Поляков**; акад. УЕАН, д-р біол. наук **Д. Г. Рей** (Індія); канд. біол. наук **М. С. Розанова** (Росія); д-р біол. наук **С. Скіба** (Польща); акад. НАНУ, акад. НААНУ, д-р с.-г. наук **О. О. Созінов**; канд. техн. наук **В. С. Стогній**; д-р с.-г. наук **Д. Г. Тихоненко**; д-р біол. наук **І. Х. Узбек**; д-р біол. наук **Н. М. Цветкова**; канд. фіз.-мат. наук **В. С. Чернищенко**; д-р біол. наук **С. В. Чернищенко** (Німеччина); д-р геогр. наук **М. К. Чертко** (Білорусь); д-р с.-г. наук **С. Г. Чорний**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **Ю. Р. Шеляг-Сосонко**; чл.-кор. РАН, д-р біол. наук **С. О. Шоба** (Росія); канд. біол. наук **М. В. Шпак**.

EDITORIAL BOARD:

S. A. Balyuuk; N. A. Bilova; A. V. Bogovin (Associate Editor); S. V. Chernyshenko; V. S. Chernyshenko; M. K. Chartko; S. G. Chorny; V. A. Gorban (Managing Editor); Yu. I. Gritsan; D. M. Grodzinsky; G. V. Dobrovolsky; Jose Manuel Recio Espejo (Associate Editor); V. I. Kanivets; L. O. Karpachevsky (Associate Editor); I. V. Kovda; I. A. Mal'tseva; D. O. Mel'nychuk; V. V. Morgun; L. P. Mytsyk; V. A. Nykorych; V. V. Nykyforov; M. J. Opanasenko; A. E. Pakhomov; V. I. Parpan; V. M. Petrenko; M. V. Polyakov; S. P. Poznyak; V. G. Radchenko; J. G. Ray; M. S. Rozanova; Yu. R. Shelyag-Sosonko; S. O. Shoba; M. V. Shpak; Gu Siyu; S. Skiba; O. O. Sozynov; V. S. Stogniy; K. M. Sytnik (Associate Editor); D. G. Tikhonenko; A. P. Travleyev (Editor-in-Chief); N. N. Tsvetkova; I. Kh. Uzbek; M. V. Zagyrnyak; N. V. Zaymenko; E. Ya. Zhovynsky; V. M. Zverkovsky.

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Дніпропетровського національного університету ім. О. Гончара*

Адреса редколлегии: Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара, просп. Гагаріна, 72, 49010, м. Дніпропетровськ, Україна; ТОВ «Агентство «Телепресінформ», вул. Руставелі, 39/41, оф. 711, м. Київ, Україна; *Телефони:* (056) 792–78–82, (0562) 76–83–81. *E-mail:* ecologgrunt@yahoo.com; веб-сторінка: www.ussj.cv.ua

© Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара, 2011
© ТОВ «Агентство «Телепресінформ», 2011

З М І С Т

ХІМІЯ ҐРУНТІВ

<i>Мирошниченко Н. Н., Тертышная А. В.</i> Распределение микроэлементов в почвах оподзоленного ряда трансэлювиальных ландшафтов левобережной Лесостепи Украины	5
<i>Ray J. G., George J.</i> Nickel in soils and resilient plants on roadsides of Kerala, South India	12
<i>Дмитрук Ю. М., Пивоваров С. В., Цвик Т. І.</i> Оцінка вмісту та розподілу рухомого фосфору у ґрунтах районів східнослов'янських (VIII–X ст. н.е.) пам'яток	24

ТЕОРЕТИЧНІ ПРОБЛЕМИ ҐРУНТОЗНАВСТВА

<i>Смага І. С., Черлінка В. Р.</i> Аналіз об'єктивності методів розрахунку бальних оцінок окремих критеріїв бонітування ґрунтів	35
<i>Шанда В. І.</i> Техногенна біогеоценологія та типологічна періодична система техногенних екотопів	42
<i>Vasiliniuc I., Patriche C. V.</i> Selecting parameters for an Soil Quality Index	46
<i>Шанда Л. В.</i> Агроекологія та екологічне ґрунтознавство	57

БІОЛОГІЯ ҐРУНТІВ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

<i>Руденко С. С., Зароченева О. Д.</i> Прогнозування змін продуктивності лісоутворюючих порід Чернівецької області за подальшого підвищення температури в умовах мікрокосмних моделей	63
<i>Нікорич В. А., Чорневич Т. М.</i> Видове різноманіття синьо-зелених водоростей бурувато-підзолистих оглеєних ґрунтів південного Передкарпаття	72
<i>Мальцева І. А., Щербина В. В.</i> Водорості відділу <i>Cyanophyta</i> деяких об'єктів природно-заповідного фонду півдня України	78
<i>Мацюра А. В.</i> Опыт исследования консортивной структуры островных сообществ птиц	81
<i>Шеховцова О. Г.</i> Биологическая активность урбанизированных почв (на примере г. Мариуполя)	88
<i>Солоненко А. Н.</i> Характеристика гуминовых веществ в пелоидах засоленных амфибильных участков Азово-Черноморского бассейна	92
<i>Коломійчук В. П., Безкорвайний О. С.</i> Динаміка рослинності коси Бірючий острів (Херсонська обл.)	95
<i>Мацюра М. В.</i> Комп'ютерне моделювання чисельності деяких видів навколоводних птахів	101
<i>Йоркіна Н. В.</i> Антропогенна трансформація урбосистеми (на прикладі м. Мелітополя)	107

ЛІСОВА ТИПОЛОГІЯ ТА ЛІСОВЕ ҐРУНТОЗНАВСТВО

<i>Горейко В. А., Никифоров В. В.</i> Типология А. Л. Бельгарда – основа создания лесоаграрных ландшафтов в степной зоне Украины	111
--	-----

ЛІСОВА ГІДРОЛОГІЯ

<i>Андраш П., Дадова Я., Штрбова Э.</i> Уровни загрязнения токсичными элементами подземных и поверхностных вод горного региона Любьетова (Центральная Словакия)	117
---	-----

РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ

<i>Савосько В. М., Булахова Ю. В.</i> Едафічна та геохімічна обумовленість успішності сингенезу трав'янистої рослинності на залізорудному відвалі	123
<i>Довганич Н. В., Мазепа І. В.</i> Вміст заліза та іонів у системі ґрунт-вода-рослина в зоні екологічного впливу Бурштинської теплоелектростанції	131

ДО УВАГИ АВТОРІВ	140
-------------------------------	-----

TABLE OF CONTENTS

CHEMISTRY OF SOILS

<i>Miroshnichenko N. N., Tertishna A. V.</i> Distribution of trace elements in podzolized soils of transeluvial landscapes of Ukrainian Left-bank forest steppe	5
<i>Ray J. G., George J.</i> Nickel in soils and resilient plants on roadsides of Kerala, South India	12
<i>Dmytruk Y. M., Pivovarov S. V., Tsyvk T. I.</i> Evaluation of content and distribution of mobile phosphorus in soils of areas of early (1100–900 AD) settlements	24

TEORETICAL PROBLEMS OF SOIL SCIENCE

<i>Smaga I. I., Cherlinka V. R.</i> Analysis of methods of calculation of numerical scores of separate criteria appraisal of soils	35
<i>Shanda V. I.</i> Anthropogenic biogeocenology and typological periodic system of anthropogenic ecotopes	42
<i>Vasiliniuc L., Patriche C. V.</i> Selecting parameters for an Soil Quality Index	46
<i>Shanda L. V.</i> Agroecology and environmental soil science	57

BIOLOGY OF SOILS AND MATHEMATICAL MODELING

<i>Rudenko S. S., Zarochentseva O. D.</i> Prediction changes productivity of chernivtsi region's forest species for further increasing temperature in microcosmic models	63
<i>Nikorych V. A., Chornevych T. M.</i> The species composition of blue-green algae of brown-podzolic gleied soils of Southern Ciscarpathia	72
<i>Maltseva I. A., Shcherbina V. V.</i> Cyanophyta algae of some objects of natural reserve fund of the south of Ukraine	78
<i>Matsyura A. V.</i> Research topics of island bird consortia structure	81
<i>Shekhovtseva O. G.</i> Biological activity of the urbanized soils of Mariupol	88
<i>Solonenko A. N.</i> The characteristics of peloids' humus matters in the salted amphibian areas of the Azov-Black Sea basin	92
<i>Kolomiychuk V. P., Bezkorovajnyj O. S.</i> Vegetation dynamics of Biryuchy island spit (Kherson region)	95
<i>Matsyura M. V.</i> Computer modelling of some waterbirds' abundance	101
<i>Yorkina N. V.</i> Anthropogenic transformation of Melitopol urban system (case study)	107

FOREST TYPOLOGY AND FOREST SOIL SCIENCE

<i>Goreyko V. A., Nykyforov V. V.</i> O. L. Belgard typology – the base for forest agrarian landscape creation in steppe zone of Ukraine	111
--	-----

FOREST HYDROLOGY

<i>Andras P., Dadova J., Shtrbova E.</i> Pollution levels of toxic elements of the underground and surface water in the mountain region Lyubetova (Central Slovakia)	117
--	-----

REVEGETATION OF DISTURBED SOILS

<i>Savosko V. M., Bulakhova U. V.</i> Edaphical and geochemical conditionality of the grass success syngensis on iron mining wastes dumps	123
<i>Dovhanych N. W., Mazepa I. W.</i> Content of iron and ions in soil-water-plants system near environmental impact of Burshtynska thermal power plant	131

TO THE AUTHORS' ATTENTION	141
--	-----

ХІМІЯ ҐРУНТІВ

УДК 631.416.9

Н. Н. Мирошниченко, А. В. Тертышная

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ ОПОДЗОЛЕННОГО РЯДА ТРАНСЭЛЮВИАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТОВ ЛЕВОБЕРЕЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

ІНЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»

Изучено перераспределение подвижных и прочносвязанных форм микроэлементов по профилю серых лесных и темно-серых оподзоленных почв трансэлювиальных ландшафтов левобережной Лесостепи Украины. Выявлены закономерные различия миграции биофильных и техногенных элементов и их накопления в тест-растениях.

Ключевые слова: склоновые почвы, микроэлементы, распределение, миграция.

М. М. Мірошниченко, А. В. Тертишна

ІНЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»

РОЗПОДІЛ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ҐРУНТАХ ОПІДЗОЛЕНОГО РЯДУ ТРАНСЕЛЮВІАЛЬНИХ ЛАНДШАФТІВ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Досліджено перерозподіл рухомих і міцнозв'язаних форм мікроелементів за профілем сірих лісових та темно-сірих опідзолених ґрунтів транселювіальних ландшафтів лівобережного Лісостепу України. Виявлено закономірні відмінності міграції біофілних та техногенних елементів та їх накопичення у тест-рослинах.

Ключові слова: схилі ґрунти, мікроелементи, розподіл, міграція.

N. N. Miroshnichenko, A. V. Tertishna

NSC «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named for O. N. Sokolovsky»

DISTRIBUTION OF TRACE ELEMENTS IN PODZOLIZED SOILS OF TRANSELUVIAL LANDSCAPES OF UKRAINIAN LEFT-BANK FOREST STEPPE

The redistribution of mobile and fixed forms of trace elements by the profile of gray forest soils, and dark gray podzolized ones of transeluvial landscapes of left bank Forest-Steppe of Ukraine is investigated. Naturally determined differences of the biophylic and technological elements migration and their accumulation in test plants are disclosed.

Key words: surface soils, minerals, distribution, migration.

Признание ключевого значения почв в регулировании химического состава потоков вещества в современных ландшафтах и формировании их экологического состояния является одной из наиболее продуктивных идей почвенно-геохимических исследований. Работами В. И. Вернадского, В. А. Ковды, М. А. Глазовской и других выдающихся исследователей была доказана необходимость целенаправленного управления процессами массопереноса биогенных элементов для обеспечения благоприятной геохимической обстановки. Изменение интенсивности этих процессов под влиянием антропогенного фактора уже привело к полной или частичной перестройке экосистем и формированию новых ландшафтов, что, в свою очередь отразилось на химическом составе большинства почв восточной части европейского

континента (Добровольский, 1999; Алексеенко, 2006). Наиболее значительные изменения характерны для почвенного покрова крупных индустриально-промышленных центров, вокруг которых отчетливо прослеживается наложение техногенной эмиссии элементов на природный геохимический фон (Ильин, 1997; Галиулин, 2001).

Как правило, в почвенно-геохимических исследованиях объектами изучения процессов миграции тяжелых металлов являются почвы элювиальных и аккумулятивных ландшафтов (первые – как постоянный источник естественной миграции элементов в сопряженном геохимическом ландшафте, вторые – как их природный депонент). Трансэлювиальным ландшафтам в этом отношении отводится промежуточное значение и они большей частью выпадают из поля зрения исследователей (Протасова, 2000; Богатырев, 2003). Следует отметить, что склоновые почвы, занимающие в Украине от 30 до 60 % сельскохозяйственных угодий, являются сложным природным образованием, отражающим влияние зональных факторов почвообразования, эрозионных процессов и различной степени аридизации в зависимости от формы, крутизны, экспозиции и нанорельефа (Природный механизм..., 2011). Не менее сложным является и формирование микроэлементного состава склоновых почв, однако, четких закономерностей его изменения относительно плакорных условий до сих пор не установлено. Вследствие этого при решении таких вопросов, как картирование почв по микроэлементному составу, оценка их загрязнения, рекомендации по оптимизации микроэлементного питания растений, специфика склоновых почв не учитывается.

Задачей настоящих исследований было выявление таких специфических особенностей формирования микроэлементного состава склоновых почв и предварительная оценка размеров их перераспределения по профилю и в ландшафте.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объектов исследования были выбраны серые лесные и темно-серые оподзоленные почвы в радиусе до 15 км от г. Харькова, т.е. в зоне, потенциально подверженной техногенному влиянию мегаполиса. При выборе объектов исходили из рабочей гипотезы о том, что на склоновых элементах рельефа наибольшие различия распределения микроэлементов будут проявляться в почвах с текстурно дифференцированным профилем. Почвенные разрезы закладывали по катене в различных частях склонов, близких по экспозиции (восток и юго-восток), но отличных по крутизне, растительности и типу использования: серые лесные – на склоне до 15° с естественным разнотравьем (необкашиваемые неудобья), темно-серые оподзоленные – на склоне 3–5° под пятилетней залежью.

Методика исследований предусматривала определение содержания подвижных форм (вытяжка ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8 по ДСТУ 4770.1-9) и прочносвязанных форм (вытяжка 1 н HCl по МВВ 31-497058-015) Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb и Zn в почве и ее илистой части по генетическим горизонтам почвенных разрезов. Илистую часть почвы выделяли по методу Н. И. Горбунова. Одновременно (т.е. в один день на всех объектах) отбирали пробы тест-растений *Agropyrum repens*, в которых определяли содержание тех же микроэлементов после озоления по ГОСТ 26929. Измерение массовой части микроэлементов проводили атомно-абсорбционным методом с атомизацией в пламени пропан-воздух на спектрофотометре Сатурн.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что в плакорных условиях распределение микроэлементов по профилю почв подзолистого ряда имеет природные максимумы накопления в гумусо-аккумулятивном и иллювиальном горизонтах, а в зонах техногенного загрязнения тяжелые металлы, как правило, накапливаются в верхнем пятисантиметровом (или пахотном) слое (Богатырев, 2003; Шеховцева, 2010). Наши предыдущие исследования показали, что степень дифференциации содержания

микроэлементов по генетическим горизонтам уменьшается в ряду от светло-серых к темно-серым оподзоленным почвам, что связано со спецификой профильного распределения отдельных глинистых минералов (Тертышная, 2011).

Аналогичная закономерность присуща и распределению прочносвязанных форм большей части изучаемых микроэлементов (за исключением Cr и Cd) в почвах верхней части склонов, причем в серой лесной почве есть два горизонта накопления меди (рис. 1), а в темно-серой оподзоленной – один (рис. 2). Значительное накопление Cu, Zn, Pb и Ni наблюдается непосредственно под дерниной (в первом случае) и в пахотном слое (во втором).

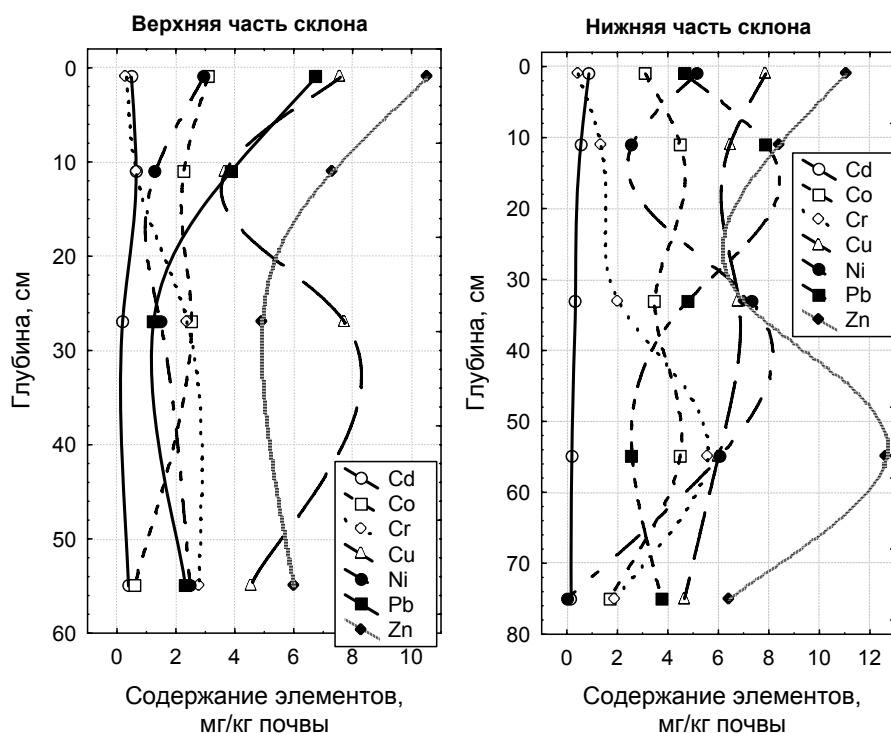


Рис. 1. Распределение прочносвязанных форм микроэлементов по профилю серых лесных почв в различной части склона

В средней части склонов дифференциация профиля почв по содержанию прочносвязанных форм уменьшается из-за меньшей влагообеспеченности, и как следствие – снижения интенсивности как биологического накопления, так и оподзоливания. В нижней части склонов вновь четко прослеживается увеличение содержания в верхней части гумусо-элювиального горизонта таких биофильных элементов, как медь, цинк и марганец, что может быть вызванным как более интенсивным биологическим выносом из нижележащих горизонтов, так и перераспределением почвенного материала с поверхностным стоком. В целом же этот горизонт, как и весь верхний полуметровый слой, имеет близкие запасы прочнофиксированных форм, что не позволяет утверждать об обеднении склоновых почв физиологически необходимыми микроэлементами.

Однако, известно, что ухудшение условий микроэлементного питания растений может наблюдаться и при их достаточно высоком валовом количестве. Установлено, что основными факторами буферности почв относительно микроэлементов и тяжелых металлов являются кислотно-основное равновесие и сорбционные свойства почвы, связанные с содержанием гумуса, глинистых минералов, полутвердых окислов и т.д. (Мотузова, 1994; Ильин, 1995). Нейтральные значения pH (6,9–7,2) в верхних

горизонтах изучаемых склоновых почв из-за близкого залегания карбонатов и их поднятия к поверхности в летний период неизбежно будут ограничивать уровень концентрации микроэлементов (прежде всего, Zn и Fe) в почвенном растворе. В этом отношении использование такого показателя, как содержание подвижных форм, извлекаемых ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8, имеет тот существенный недостаток, что выравнивает уровень кислотности до значений, способствующих достаточно высокой подвижности всех изучаемых микроэлементов.

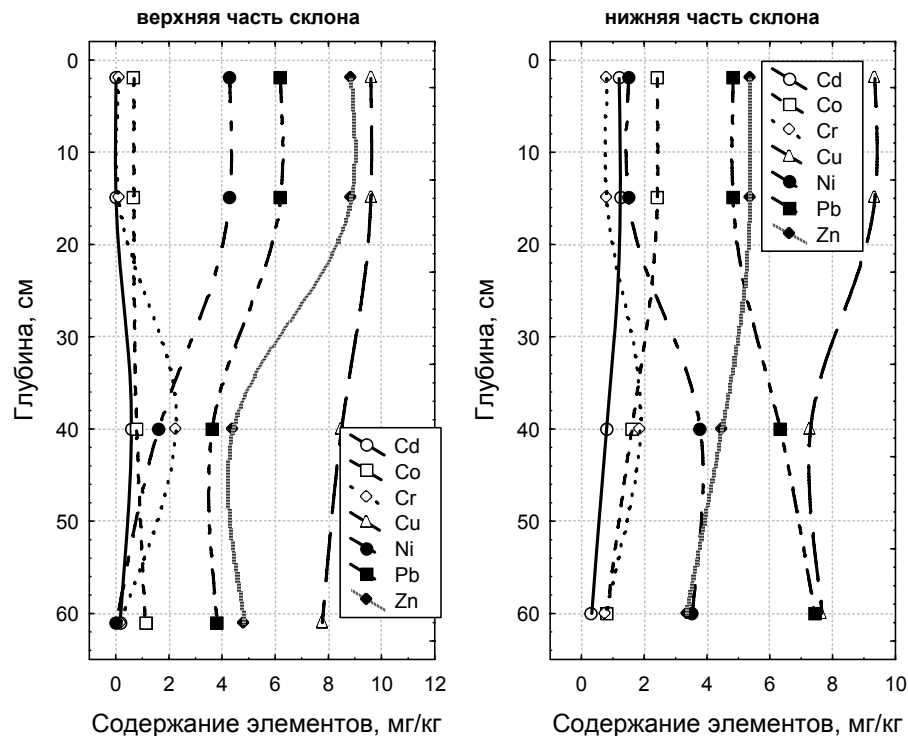


Рис. 2. Распределение прочносвязанных форм микроэлементов по профилю темно-серых оподзоленных почв в различной части склона

Вероятно, по этой причине, а также вследствие миграционных процессов распределение подвижных форм микроэлементов по профилю склоновых почв выявились иным. В частности, цинк и медь в серой лесной почве верхней части склона имели максимум в иллювиальном горизонте, а в нижней части склона – в верхнем десятисантиметровом слое (рис. 3).

Дифференциация профиля по содержанию подвижных форм Cd и Ni практически не наблюдалась, а наибольшее количество подвижного железа (в отличие от его прочносвязанных форм) четко приурочено к элювиальному горизонту. В целом же содержание подвижных форм цинка, меди, марганца и железа в верхней части гумусо-элювиального горизонта склоновых серых лесных почв было более высоким, чем в плакорных условиях под лесом, и по градиентам, предложенным И. Г. Важениным, его можно оценить как высокую степень обеспеченности относительно потребностей растений природных сенокосов и пастбищ.

По распределению большинства изучаемых микроэлементов в почвенном профиле наибольшая степень дифференциации присуща илистой части почв, в которой содержание Cd, Co, Cu, Fe, Mn и Ni изменялось с глубиной на порядок (таблица). В нижней части склонов прослеживается тенденция накопления кадмия и железа в иле гумусо-элювиального горизонта, а для темно-серой оподзоленной почвы – накопление меди и цинка в иле по всему почвенному профилю.

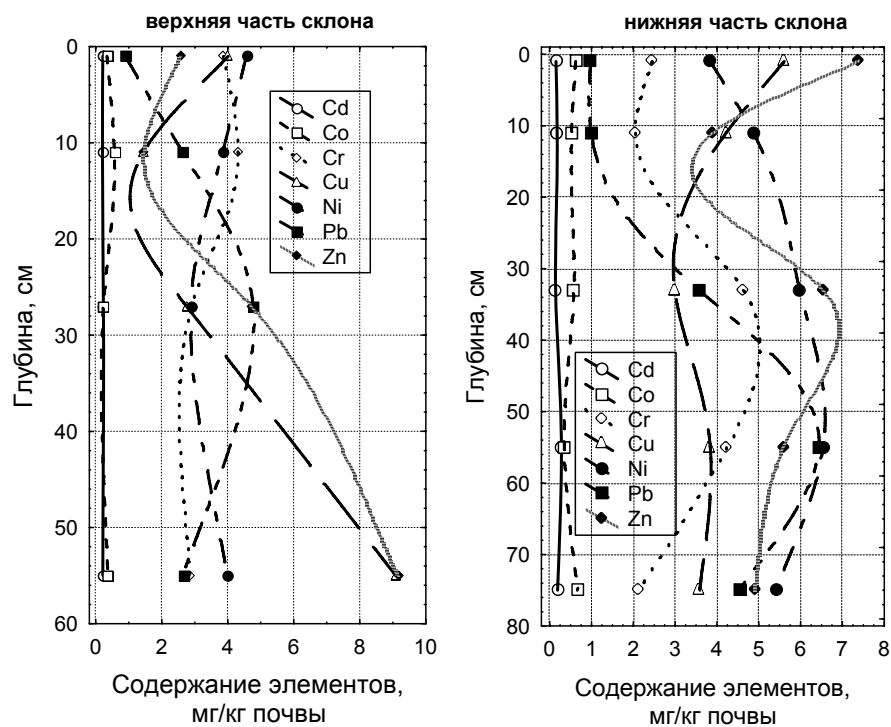


Рис. 3. Распределение подвижных форм микроэлементов по профилю серых лесных почв в различной части склона

Содержание прочносвязанных форм микроэлементов в илистой части почв

Часть склона	Глубина, см	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Серые лесные почвы										
верхняя	2–20	0,14	3,1	3,2	17,9	5,7	140	0,16	18,0	28
	20–35	0,26	2,2	14,9	10,4	2,5	140	3,0	2,4	14
	50–65	2,15	2,4	10,2	7,6	3,5	63	1,9	9,1	10
средняя	2–20	0,13	1,9	7,6	11,9	6,4	5,1	2,4	16,0	15
	20–45	0,47	6,1	13,5	13,4	23	58	3,9	9,0	17
	45–65	3,66	2,1	10,1	9,6	12	120	4,7	10,0	15
нижняя	3–20	0,24	1,2	7,0	10,9	350	85	0,21	10,0	15
	20–45	0,21	2,6	14,1	17,2	23	62	3,2	8,4	18
	45–65	0,15	5,3	13,6	15,2	14	120	2,5	11,0	16
Темно-серые оподзоленные почвы										
верхняя	0–30	0,19	0,15	1,1	1,9	22	110	3,3	2,7	2,1
	30–50	0,15	0,16	2,1	2,0	35	48	2,6	5,8	3,3
	50–70	0,12	0,11	2,0	1,9	4,3	14	2,4	3,6	2,2
средняя	0–30	0,23	1,2	7,9	18,1	54	110	18	8,8	14
	30–50	0,13	0,11	2,2	1,8	9,1	33	3,6	8,8	2,0
	50–70	0,21	0,19	1,2	1,7	18	120	4,0	5,6	3,8
нижняя	0–30	1,98	1,8	2,3	12,5	330	130	0,4	7,8	9,0
	30–50	0,21	5,4	8,8	8,2	86	330	4,1	9,1	8,3
	50–70	0,16	4,5	7,5	10,2	79	300	6,9	10	9,4

Учитывая значительную величину обогащения илистого материала и очень умеренный уровень техногенной нагрузки, перераспределение этих элементов в склоновых почвах имеет преимущественно природное происхождение. Наряду с этим, полностью относить перераспределение тяжелых металлов в ландшафте к

чисто природному неправильно, хотя оно и вызвано естественными процессами (Дмитраков, 2002). Разнокачественность илистого материала свидетельствует также о различии склоновых почв по другим формам нахождения микроэлементов – связанных с органическим веществом, глинистыми минералами и т.д. Очевидно, выяснить это можно только с помощью применения одной из схем фракционирования, в частности, предложенной Г. В. Мотузовой и Т. М. Минкиной (Минкина, 2008).

Для пригородных территорий весьма актуальным вопросом является загрязнение растительной продукции аэральным путем, что особенно часто наблюдается на ветроударных склонах. Изучаемые склоны имели именно такую экспозицию, причем серые лесные почвы находились еще и в зоне влияния расположенной в 100–150 м окружной автомобильной дороги с оживленным движением. Пространственное распределение микроэлементного состава тест-растений пырея ползучего показывает тесную взаимосвязь с содержанием подвижных форм таких приоритетных загрязнителей городской среды, как кадмий, свинец и никель (рис. 4). Распределение прочносвязанных форм этих металлов связано с их содержанием в илистой части почвы, причем накопление кадмия как более миграционно способного элемента наблюдается в нижней части склона, а свинца – в верхней его части.

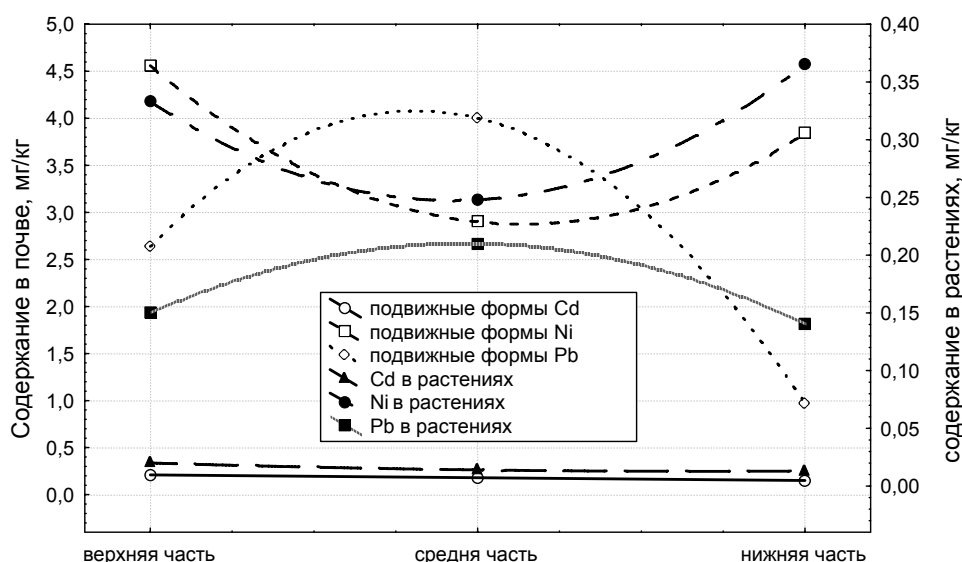


Рис. 4. Содержание Cd, Pb и Ni в надземной части пырея ползучего и корнеобитаемом слое склоновых серых лесных почв

Поступление в растения таких биофильных элементов, как цинк, медь, кобальт, железо и марганец, напротив, практически не имело корреляции с содержанием их различных форм в верхних слоях почвы ($r=0,1-0,3$). Причиной этого, как мы полагаем, является достаточно высокий уровень обеспеченности изучаемых почв подвижными формами этих микроэлементов на фоне ограничения их концентрации в почвенном растворе условиями кислотно-основного равновесия. Также, следует заметить, что при выборе в качестве тест-растения вида со стержневой корневой системой (например, одуванчик лекарственный) весьма вероятно получение иной картины пространственного распространения микроэлементов.

ВЫВОДЫ

Склоновые почвы оподзоленного ряда имеют один или два максимума содержания прочносвязанных форм микроэлементов в почвенном профиле, что связано с их накоплением в илистом материале, причем наибольшая концентрация

кадмия наблюдается в нижней части склона. Почвы средней части склона имеют наименьшую дифференциацию профиля по содержанию биофильных микроэлементов. Распределение в склоновых почвах подвижных форм микроэлементов существенно отличается от распределения их прочносвязанных форм, но тесно связано с содержанием кадмия, свинца и никеля в тест-растениях пырея ползучего.

* * *

Работа выполнена в рамках трехстороннего гранта Фондов фундаментальных исследований Украины, Беларуси и России (Ф43/010).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев В. А.** Эколого-геохимические изменения в биосфере. Развитие, оценка / В. А. Алексеев. – М. : Логос, 2006. – 520 с.
- Богатырев Л. Г.** Микроэлементный состав некоторых почв и почвообразующих пород южной тайги русской равнины / Л. Г. Богатырев, Д. В. Ладонин, О. В. Семенюк // Почвоведение. – 2003. – № 5. – С. 568-576.
- Галиулин Р. В.** Территория с перекрывающейся промышленной и сельскохозяйственной деятельностью: экологический риск и агрополитика / Р. В. Галиулин, Р. А. Галиулина, Р. Кухарски // Агрохимия. – 2001. – № 4. – С. 81-89.
- Дмитраков Л. М.** Микроэлементный состав природных и техногенных потоков в ландшафтах Центральной Лесостепи / Л. М. Дмитраков, Д. Л. Пинский // Почвоведение. – 2002. – № 12. – С. 1501-1508.
- Добровольский В. В.** Ландшафтно-геохимические критерии оценки загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами / В. В. Добровольский // Почвоведение. – 1999. – № 5. – С. 639-645.
- Ильин В. Б.** Мониторинг тяжелых металлов применительно к крупным промышленным городам / В. Б. Ильин // Агрохимия. – 1997. – № 4. – С. 81-86.
- Ильин В. Б.** Оценка буферности почв по отношению к тяжелым металлам / В. Б. Ильин // Агрохимия. – № 10. – 1995. – С. 109-113.
- Минкина Т. М.** Комбинированный прием фракционирования соединений металлов в почвах / Т. М. Минкина, Г. В. Мотузова, О. Г. Назаренко, В. С. Крыщенко, С. С. Манджиева // Почвоведение. – 2008. – № 11. – С. 1324-1333.
- Мотузова Г. В.** Природа буферности почв к внешним химическим воздействиям // Почвоведение. – 1994. – № 4. – С. 46-52.
- Природний механізм захисту схилів ґрунтів від водної ерозії** / М. І. Полупан, С. А. Балюк, В. Б. Соловей і др.; за ред. М. І. Полупана. – К. : Фенікс, 2011. – 144 с.
- Протасова Н. А.** Макро- и микроэлементы в почвах Центрально-Черноземной зоны и почвенно-геохимическое районирование ее территории / Н. А. Протасова, А. Б. Беляев // Почвоведение. – 2000. – № 2. – С. 204-211.
- Тертишна А. В.** Розподіл мікроелементів та глинистих мінералів у профілі ґрунтів опідзоленого ряду / А. В. Тертишна // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2011. – Вип. 74. – С. 112-115.
- Шеховцева О. Г.** Аэротехногенное изменение химических показателей поверхностного горизонта почв – основного места существования почвенных водорослей (на примере урбоэкосистем г. Мариуполя) / О. Г. Шеховцева, И. А. Мальцева // Ґрунтознавство. – 2010. – Т. 11, № 1-2. – С. 91-96.

Надійшла до редколегії 04.07.11

NICKEL IN SOILS AND RESILIENT PLANTS ON ROADSIDES OF KERALA, SOUTH INDIA

¹St. Berchmans' College, India

²St. Dominic's College, India

Nickel (Ni) is a common metal found in high quantities on roadsides. Systematic, two year investigations of 110 km roadsides of two traffic-dense roads of Kerala, South India, were carried out to assess the degree of accumulation of the metal in plants growing on these roadsides in relation to the amount of Ni in soils. Ni contamination of about 12 to 30 mg kg⁻¹ observed on these roadside soils is quite moderate, but the metal accumulation in most of the plant shoots were found quite higher than that in natural vegetations. It was quite interesting to note that, of the 19 plants examined, all except *Chloris brabata* Sw., accumulated Ni in their shoots much higher than that in the soils around them. In *Eclipta prostrata* (L.) L., a very fast growing tropical species with significantly high aboveground biomass, Ni content of shoot was 48.2 mg kg⁻¹, about three times the amount of Ni in the soils. Overall assessment was that the contaminated roadsides of biodiversity rich tropics are significant places to find out species of high resilience to physico-chemical disturbance including heavy metals. Such investigations are significant to the preliminary identification of the metal accumulating potentials of many species.

Key words: nickel, soil, plants, roadsides.

Дж. Г. Рей¹, Д. Георге²

¹Колледж ім. Св. Берчманса, Індія

²Колледж ім. Св. Домініка, Індія

НИКЕЛЬ В ПОЧВЕ И УСТОЙЧИВЫЕ РАСТЕНИЯ НА ПРИДОРОЖНЫХ ПОЛОСАХ ШТАТА КЕРАЛА, ЮЖНАЯ ИНДИЯ

Никель (Ni) – распространенный металл, найденный в больших количествах на придорожных полосах. Были проведены систематические двухгодичные исследования 110 км обочин двух дорог с интенсивным движением в штате Керала (Южная Индия) для оценки уровня накопления металла в растениях, произрастающих на придорожных полосах, в отношении к содержанию Ni в почве. В придорожных почвах наблюдается умеренное загрязнение никелем – около 12–30 мг кг⁻¹, но выявленное содержание металла в большинстве стеблей растений значительно превышает его содержание в естественной растительности. Из 19 образцов растений, все, за исключением *Chloris brabata* Sw., содержат в стеблевой части большее количество Ni, чем почва, в которой они произрастают. В *Eclipta prostrata* (L.) L., быстрорастущем тропическом виде с хорошо развитой надземной биомассой, содержание Ni в стебле – 48,2 мг кг⁻¹. Это количество примерно в три раза превышает количество Ni в почве. Общая оценка исследования: загрязнение придорожных полос с богатым тропическим разнообразием указывает на необходимость нахождения видов с высокой устойчивостью к физико-химическим нарушениям, включая тяжелые металлы. Такие исследования важны для предварительного распознавания потенциала накопления металла во многих видах.

Ключевые слова: никель, почва, растения, придорожные полосы.

Дж. Г. Рей¹, Д. Георге²

¹Коледж ім. Св. Берчманса, Індія

²Коледж ім. Св. Домініка, Індія

НИКЕЛЬ В ГРУНТІ ТА СТІЙКІ РОСЛИНИ НА ПРИДОРОЖНІХ СМУГАХ ШТАТУ КЕРАЛА, ПІВДЕННА ІНДІЯ

Нікель (Ni) – розповсюджений метал, знайдений у великих кількостях на придорожніх смугах. Були проведені систематичні дворічні дослідженнями 110 км узбіч двох доріг з інтенсивним рухом в штаті Керала (Південна Індія) для оцінки рівня накопичення металу в рослинах, які зростають на придорожніх смугах, відносно вмісту Ni в ґрунті. В придорожніх ґрунтах спостерігається помірне забруднення нікелем – приблизно 12–30 мг кг⁻¹, але виявлений вміст металу в більшості стебел рослин значно перевищує його вміст в природній рослинності. З 19 зразків рослин, усі, окрім *Chloris brabata* Sw., містять в стебловій частині більшу кількість Ni,

ніж ґрунт, в якому вони ростуть. В *Eclipta prostrata* (L.) L., тропічному виді, що швидко росте, з добре розвинутою надземною біомасою, вміст Ni в стеблі – 48,2 мг кг⁻¹. Ця кількість майже в три рази перевищує кількість Ni в ґрунті. Загальна оцінка дослідження: забруднення придорожніх смуг з багатим тропічним різноманіттям вказує на необхідність знаходження видів з високою стійкістю до фізико-хімічних порушень, включаючи важкі метали. Такі дослідження важливі для попереднього визначення потенціалу накопичення металів в багатьох видах.

Ключові слова: нікель, ґрунт, рослини, придорожні смуги.

Roadsides are physically and chemically highly disturbed environments (Bakirdere and Yaman, 2008). Vegetations of challenged environments usually have a unique combination of species with specific adaptations. Learning the environment potentials of resilient species in all kinds of disturbed environments is highly significant to the skillful sustainable management of natural systems. Major direct applications of resilient species include reclamations of degraded lands and phytoremediations of contaminated soils (EPA, 2000), and there are also very many indirect uses with them. Specific genes that enable them resistant to disturbance (Pollard et al, 2002; Bert et al, 2003; Heaton et al, 2003) have uses in genetic engineering of better phytoremediation plant tools. Similarly, knowledge of specific enzymes or physiological mechanisms, which serve as biochemical reasons of hyper-tolerance (Peer et al, 2006) is useful in the complete elucidation of mineral accumulation processes of plants in general. Moreover, knowledge of specific micro-biota that is associated with such specialized plants that enable them to be resilient (Abou-Shanab et al, 2006) and behave as excluders/accumulators/hyper-accumulators has applications in various scientific programmes of soil and crop improvements. Instead of ignoring the resilient plants of disturbed environments as weeds or wastes, identification of the ecological potentials of all of them is the preliminary task of ecologists in general.

Heavy metals continuously accumulate in roadside soils and vegetations (Mashi et al, 2005), and an increase in concentrations of the same in urban top soils is an index to the extent of pollution (Massas et al, 2009). Heavy metals have been the subject of particular attention, because of their long-standing toxicity to plants, animals and humans when exceeding specific thresholds (Coskun et al, 2006). Heavy metals in soils transfer to aquifers and cause serious ecological threats to humans (Riga-Karandinos, 2006). Among the heavy metals with toxic impacts released from automobiles (Nriagu, 1979), Nickel (Ni) is one of the very toxic metal found in high quantities on roadsides. Moreover, knowledge of the increasing Ni pollution in soils as well as the functional role and toxic effects of Ni in plant growth are also significant (Chen et al, 2009).

The largest anthropogenic source of Ni is the burning of fuel and residual oils, and Ni concentrations in diesel exhaust are 500-10000 mg l⁻¹ (Frey and Corn, 1967). Other sources of Ni on roadsides include wearing and tearing of Ni alloys and plating used in vehicles (WHO, 1991). Examination of nickel levels in vegetation is significant to learn its flow into grazing animals and their predators (Groppel et al, 1980), especially on Indian roadsides where animal grazing is common. Vegetations on roadsides of the State of Kerala are significant, because the State is situated in the Southern Western Ghats, which is one of the biodiversity rich regions in the world and a 'hotspot'. Therefore, investigations into tolerant plants on roadsides have high relevance in the region. Moreover, ecological function of metals within different metal accumulating *taxa* is needed to clarify the selective value of this ecologically and physiologically unique trait (Davis and Boyd, 2000).

In highly, physico-chemically disturbed natural communities such as roadsides, hyper-tolerant species are plants that survive in comparatively higher numbers than others, and the degree of hyper-tolerance of individual species may be measured in terms of their relative abundance. Nickel in tissues of hyper-tolerant roadside plants in relation to Ni in soils provides information whether some of them accumulate the metal more than that in the soil. Accumulation of metals in plant tissues excess of that in soils is a tendency of hyper-accumulators. Phytosociological parameters, especially the Relative Abundance (RA) of roadside vegetation is thus useful to the inventory of hyper-resilient plants which may have hyper-accumulation potentials.

Though many hundreds of Ni hyper accumulators are well known (Reeves et al.1996; Chaney et al, 1997; Prasad, 2005; Ghaderian et al, 2007) and phytomining is currently being practiced for nickel (Chaney et al, 2000), knowledge of more of such species is still in demand to meet the challenges of contaminations in diverse environments, especially in the tropics. Therefore, certain hyper-resilient plants were identified initially by means of phytosociological methods. Ni content in the shoots and roots of the 19 plants of high resilience were further examined in relation to the amount of the metal in the contaminated roadside soils around them during monsoons and summer seasons, for two years (2005-07). Since very rapid and selective uptake of metals, rapid transport to shoots, and very effective storage of metals in leaf cell vacuoles appear to provide the mechanisms for hyper accumulation (Chaney et al, 2007), analysis of the amount of Ni in shoots and roots of roadside annual herbs in relation to its amount in the soils were useful to account the species specific Ni accumulation potential of some of the common hyper-resilient plants on roadsides a biodiversity-rich zone, Kerala, South India.

MATERIALS AND METHODS

Sampling Area and Collection Procedure

The roadsides investigated are about 55 km each of two roads - the 'Main Central Road' (MC road) and the 'Kottayam-Kumily Road' (KK road) of average traffic densities of 15300 vehicles per day - in Kottayam District (total area 2208 km²; total population 1952901; population density of 884 per km²; latitude 9°15' to 10°21' and longitude 76°22' to 77°25') of Kerala State, South India (Government of India, 2007; Kerala Government Report, 2008). The region has a tropical wet climate with total annual average rainfall of about 3130.33 mm received mainly in two monsoons – southwest monsoon (May to August) and northeast monsoon (September to December), separated by a break of summer (January to April). During the summer also, there are random summer showers in the zone.

Specific urban and rural sampling sites of 1 m distance from tar-edge and 1 km length of both the sides were identified on both the roads. Urban sites were those with high degree of traffic densities and other anthropogenic disturbances (trampling by people and crushing by vehicles) whereas rural sites were those with comparatively lower degree of disturbances of both the types. Samples representing monsoons (south-west and northeast monsoons; May to December) and summer (January to April) seasons were collected from these sites using quadrat methods (Trivedy and Goel, 1986). Quadrats of 40 cm X 40 cm size, of approximately 0.1 m² (Uzbeck, 1981) were used; at each site, 100 to 110 quadrats from both sides of the roads at random (of both the seasons) were observed. Altogether there are eight urban sites (4 from KK road and 4 from MC road) and five different rural (3 from KK road and 2 from MC road) sites (Fig. 1). Total 1350 quadrats were taken from all the sites in two seasons.

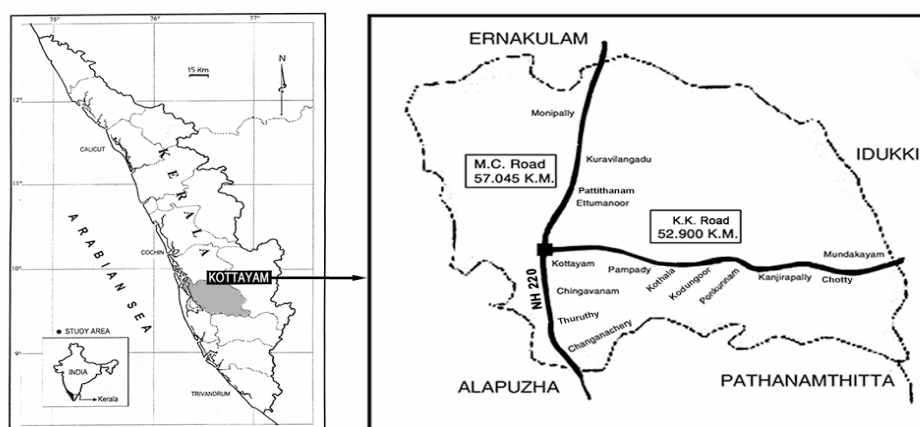


Fig. 1. Sampling sites (Rural and Urban sites on the MC Road and KK Road)

Plants and soil samples of were collected separately (at random) in pre-washed polythene bags. Phytosociological measures were done in the field and recorded in the field book. Plant species were dug out carefully using a polythene shovel. From all the different sites specimens of each plant species available was collected from different quadrats at random during different months of the monsoon and the summer seasons. Different specimens of each species from a site were kept in a common bag; different species were kept in separate bags. During each sampling time, surface soil samples (about 500 g of top soil 0-5cm) of each site were taken from quadrats at random and the soil samples from different quadrat of a site were put in separate labeled bags.

Measurement of Ni in Soil Samples

Altogether there were 30-40 packets of monthly soil samples representing both the seasons from a specific roadside site, kept undisturbed for air drying in dust-free racks in the laboratory. Prior to chemical analysis soil samples representing a season (15-20) of each site was divided into three equal groups and each group was mixed thoroughly. The three different composite soil samples from each site were treated as three distinct samples of each season. 500 g of each air dried composite sample was ground separately to pass through a 2 mm sieve. About 5g of the homogenized sample from each group was ground into fine powder using agate mortar and pestle and further dried in hot air oven at 70°C for 72 hrs to constant weights (ISO 1995). Exactly 1 g from each of these finely ground soil samples were weighed out using an electronic balance into properly cleaned 250 ml glass beakers.

Digestion was performed by adding 12 ml of *aquaregia* (3:1, v/v, Concentrated HCl to Concentrated HNO₃) into the beaker covered with watch glasses on a hotplate for 3 h at 110°C (APHA 1998). After evaporation to near dryness carefully, the sample was diluted with 20 ml of 2% (v/v with water) nitric acid and transferred into a 100 ml volumetric flask after filtering through Whatman no. 42 filter paper and diluted to 100ml with double distilled water (Chen and Ma 2001; Hseu et al. 2002) and used for chemical analyses. Average of the three samples of each season was taken as the average amount of Ni of the site in that specific season. Thus the average Ni content of all the thirteen sites for both the seasons was found out.

Measurement of Ni in Plant Samples

Plant specimens were uprooted along with the entire roots from the field using a polythene shovel. From each site, mature plants (plant in the flowering stage) from different quadrats (where the species were available) of a site were brought to the laboratory; each species in separately labeled packet. In the laboratory, after each collection, all specimens of each species from different quadrats of a site were washed together thoroughly many times with tap water followed by distilled water to remove completely the adhered dust and dirt, and air-dried. After the air-drying all specimens of each species from a site were separated into roots and shoots and kept in separate paper bags labeled as root or shoot a species with a site code; specimens were then dried in hot air oven at 70°C for 72 hrs to constant weights and kept undisturbed for chemical analyses.

For each species, for each rural or urban site, there were many mature plants (plant in the flowering stage) collected at random from different quadrats of both the seasons. However, all species were not available at all sites. The number of available sites for a species varied from 7 to 13. Altogether 30-40 specimens were collected for each available species from a site belonging to the two seasons. At the time of chemical analyses (carried out after field studies) the roots and shoots of all plant specimens of each species from a site were powdered separately using agate mortar and pestle and thoroughly mixed. About 25 g each of the root and shoot sample of a species from a site was then further ground to fine powder. Shoot and root sample preparations for chemical analysis of all species were carried out similarly. Shoot samples of all the species were analyzed, whereas the analysis of root samples were carried out for only four species of grasses, which had significantly high root mass.

The digestion procedure was carried out on a hot plate as per standard methods (APHA 1998; Fakayode and Onianwa 2002; Ho and Tai 1988; Zarcinas 1987). 500 mg each of powdered sample of root and shoot of different species from each site were placed separately

into 250 ml beakers (in triplicate) and added 10 ml of concentrated nitric acid, heated for 45 min at 90°C, swirled if frothing occurred and occasionally washed down the sides of the beaker with double distilled water. Increased the temperature to 120°C and continued digestion at this temperature until about 1 ml of acid remained. Continued the heating and added concentrated HNO₃ in necessary volume until digestion became complete as was shown by a light colored, clear solution. The samples were not permitted to drying during digestion. After the digestion, the extract was cooled and diluted to 20 ml with 1% v/v nitric acid. The extract was filtered through Whatman no. 42 filter paper into a 100 ml volumetric flask and made up to 100 ml by adding doubled distilled water, and used for chemical analysis. Reagent blanks for both the plant and soil analysis were also prepared in all cases for calibrations. Average of Ni in a species from all the sites of both the season was taken as the average Ni of the species on these roadsides.

All the chemicals used were analytical grade compounds of Merck Company. Reagent bottles, beakers, and volumetric flasks were cleaned by soaking overnight in 2 N hydrochloric acid, rinsed with water and oven dried at 60°C. Chemical analyses for Ni of both soil and plant samples were carried out in a Flame Atomic Absorption Spectrophotometer (Perkin Elmer model 3110) at the Chemical Oceanography Lab of the Department of Marine Science, Cochin University of Science and Technology, Kochi, Kerala, India. Concentrations of the metal in both the soil and plant samples were computed as mg metal per kg dry sample (mg kg⁻¹). In order to compare Ni content of soils with that of plant samples, average of the metal in sites from where plant specimens of each species were collected was used. Statistical analyses such as ANOVA and correlations were carried out using SPSS package and MATLAB.

RESULTS

Ni is one of the common metals found in high quantities on roadsides. Therefore, knowledge of the increasing Ni pollution in soils as well as the functional role and toxic effects of Ni in plant growth are significant. Average seasonal value of Ni in soils at the five different rural and eight different urban sites belonging to both the roads are given in Table 1 and Table 2 respectively. The amounts of Ni in these roadside soils were found varied from 12.6 mg kg⁻¹ to 30.8 mg kg⁻¹. There were no significant seasonal difference in Ni across different urban sites (0.05 < P = 0.7800) or the different rural sites (0.05 < P = 0.5519); similarly, there were no significant differences in Ni over the different urban and rural sites, neither during the monsoon (0.05 < P = 0.5718) nor during the summer (0.05 < P = 0.9770). Significantly strong positive correlations were found for Ni in soils over the two seasons at the rural zones (r = 0.897); but at urban sites, the correlations in Ni over two seasons were not significant.

Table 1

Average Ni in soils at different urban sites of two roadsides in two seasons

Sl No	Sites	Average Ni in soils (mg kg ⁻¹)	
	Road 1: MC Road	Monsoon	Summer
1	Changanacherry	19.40	18.00
2	Chingavanam	22.10	20.90
3	Kottayam	21.30	17.20
4	Ettumanoor	22.80	20.30
Road 2: KK Road			
5	Mundakayam	17.50	24.60
6	Kanjirapally	12.60	17.00
7	Ponkunnam	28.40	20.20
8	Pampady	15.30	16.70
Mean Value with SD		19.93± 4.89	19.36± 2.68

Table 2

Average Ni in soils at different rural sites of two roadsides in two seasons

Sl No	Sites	Average Ni in soils (mg kg ⁻¹)	
		Monsoon	Summer
1	Thuruthy	20.00	21.10
2	Pattithanam	12.00	13.80
Road 2: KK Road			
3	Chotty	24.80	15.90
4	Kodungoor	30.80	26.70
5	Kothala	25.20	23.10
Mean Value with SD		22.56 $\pm$ 7.03	20.12 $\pm$ 5.26

Though, a total of eighty five species were recorded on these roads, only 19 of them with a significantly high relative abundance were included in the chemical studies. Mean Ni in the shoots of all of these 19 plants and that of roots of the four grasses with significant amount of root mass are given in Table 3. The average of Ni in soils from where each species was collected was also calculated. Ni in soil environment calculated in this way for different species were significantly different ($P = 0.000$) and the mean of Ni in different plant tissues of different species were also significantly different (for shoot $P = 0.000$; for roots, $P = 0.008$). Average of Ni in plant shoots varied from 7.95 mg kg⁻¹ to 48.2 mg kg⁻¹.

Table 3

Ni in Plant samples in relation to corresponding soil samples

Sl No	Name of Species	Ni in samples mg/kg						Relative Abundance	
		Soil		Plant shoot		Plant root		Mean	SD
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	19.76	$\pm$ 4.01	35.52	$\pm$ 9.37	15.50	$\pm$ 2.09	13.59	$\pm$ 04.63
2	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	20.87	$\pm$ 3.62	30.13	$\pm$ 13.43	1.50	$\pm$ 0.14	08.38	$\pm$ 08.48
3	<i>Axonopus compressus</i> (Sw.) P.Beauv.	19.44	$\pm$ 4.47	34.12	$\pm$ 12.26	25.93	$\pm$ 12.91	21.19	$\pm$ 19.93
4	<i>Cyperus compressus</i> L.	18.92	$\pm$ 1.86	32.70	$\pm$ 7.64	28.4	$\pm$ 07.98	01.57	$\pm$ 01.53
5	<i>Chloris brbata</i> Sw.	20.07	$\pm$ 3.72	7.95	$\pm$ 2.16	–	–	02.62	$\pm$ 08.83
6	<i>Kyllinga nemoralis</i> (J.R & G. Fors.) Dandyex Hutch. & Dalz.	19.82	$\pm$ 6.73	29.00	$\pm$ 10.63	–	–	02.08	$\pm$ 01.84
7	<i>Hedyotis corymbosa</i> (L.) Lam.	19.77	$\pm$ 4.12	29.02	$\pm$ 9.14	–	–	03.41	$\pm$ 02.74
8	<i>Scoparia dulcis</i> L.	19.53	$\pm$ 2.87	32.33	$\pm$ 10.49	–	–	02.06	$\pm$ 01.08
9	<i>Cleome rutidosperma</i> DC.	20.50	$\pm$ 2.53	29.80	$\pm$ 9.56	–	–	02.37	$\pm$ 01.63
10	<i>Vernonia cinerea</i> (L.)	19.10	$\pm$ 1.62	34.77	$\pm$ 20.98	–	–	02.05	$\pm$ 01.29
11	<i>Phyllanthus amarus</i> Schum. & Thonn	18.97	$\pm$ 3.12	20.88	$\pm$ 10.08	–	–	01.26	$\pm$ 01.16

Continuation of table 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	<i>Pilea microphylla</i> (L.) Liebm.	17.78	± 3.44	36.82	± 8.76	—	—	03.77	± 03.43
13	<i>Portulaca oleracea</i> L.	20.22	± 4.64	26.28	± 12.57	—	—	03.11	± 03.10
14	<i>Amaranthus viridis</i> L.	19.75	± 2.22	27.32	± 8.21	—	—	01.99	± 02.07
15	<i>Euphorbia hirta</i> L.	17.90	± 2.52	29.75	± 7.84	—	—	00.95	± 00.85
16	<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L.	18.76	± 2.25	48.2	± 3.50	—	—	00.64	± 00.64
17	<i>Leucas aspera</i> (Willd.) Spreng.	19.56	± 1.65	33.93	± 13.28	—	—	00.18	± 00.38
18	<i>Peperomia pellucida</i> (L.) Kunth	20.60	± 3.81	26.13	± 9.81	—	—	00.07	± 00.20
19	<i>Aerva lanata</i> (L.) Juss. ex Schult.	19.56	± 1.65	34.53	± 8.10	—	—	00.56	± 00.57

The average relative abundance of the 19 species was also found significantly different ($P = 0.006$). Paired correlations between Ni in the shoots and the average of that in different soil samples from where each species was collected (Table 4) showed that significant positive correlations were observed only in one species, *Pilea microphylla* (L.) Liebm. Nickel in plant shoots of most of the species was found significantly higher than that in the soil, except in three species; *Phyllanthus amarus* Schum. & Thonn., *Portulaca oleracea* L., and *Peperomia pellucida* (L.) Kunth.

Table 4

Paired Correlations between Ni in soils and plant shoot

		N	Correlation	Significance
Pair 1	SO1 and SH1 ...	14	-.187	.522
Pair 2	SO2 and SH2 ...	11	.173	.611
Pair 3	SO3 and SH3 ...	11	-.348	.294
Pair 4	SO4 and SH4 ...	4	.548	.452
Pair 5	SO5 and SH5 ...	4	.179	.821
Pair 6	SO6 and SH6 ...	4	.050	.950
Pair 7	SO7 and SH7 ...	13	.148	.630
Pair 8	SO8 and SH8 ...	12	.381	.221
Pair 9	SO9 and SH9 ...	7	-.085	.857
Pair 10	SO10 and SH10 ...	7	-.054	.908
Pair 11	SO11 and SH11 ...	7	.373	.410
Pair 12	SO12 and SH12 ...	7	.807	.028
Pair 13	SO13 and SH13 ...	8	-.045	.915
Pair 14	SO14 and SH14 ...	8	.556	.153
Pair 15	SO15 and SH15 ...	4	-.898	.102
Pair 16	SO16 and SH16 ...	3	-.940	.222
Pair 17	SO17 and SH17 ...	3	-.522	.650
Pair 18	SO18 and SH18 ...	3	-.365	.762
Pair 19	SO19 and SH19 ...	3	.013	.992

SO = Ni in soils; SH = Ni in plant shoot

DISCUSSION

Nickel is naturally present in various ores and to a lesser extent in soil. The range of Ni level observed in roadside soils of South India was 12 to 30 mg kg⁻¹, which may be considered moderate to high but non-toxic; because most natural soils have Ni levels less than 10 mg kg⁻¹ and the level critical to human health is 60 mg kg⁻¹ or above (Government Report, 2007). In both the urban and rural sites, seasonal (summer and monsoon) differences in the amount of Ni in the soils (Fig. 2 & 3) were not significantly different. Lack of seasonal differences in Ni at all the different sites revealed that the monsoon washing had no serious influence on the concentration of the metal on roadside soils, and the form of metal compounds on roadside soils was quite immobile, which is against the previous observations of WHO (1991) that Ni exhibit a high mobility within the soil profile. However, the Ni mobility depends on soil type as well. The amount of Ni in different rural and urban sites was not significantly different, which point to the fact that slight differences in traffic densities as that existed at the urban and rural sites here have no influence on Ni on roadsides.

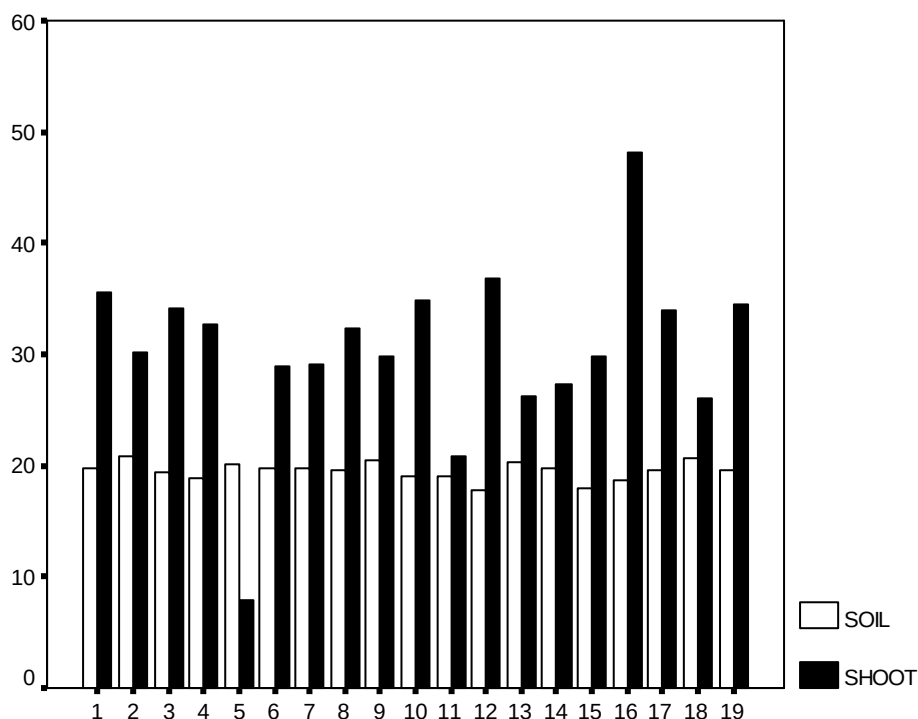
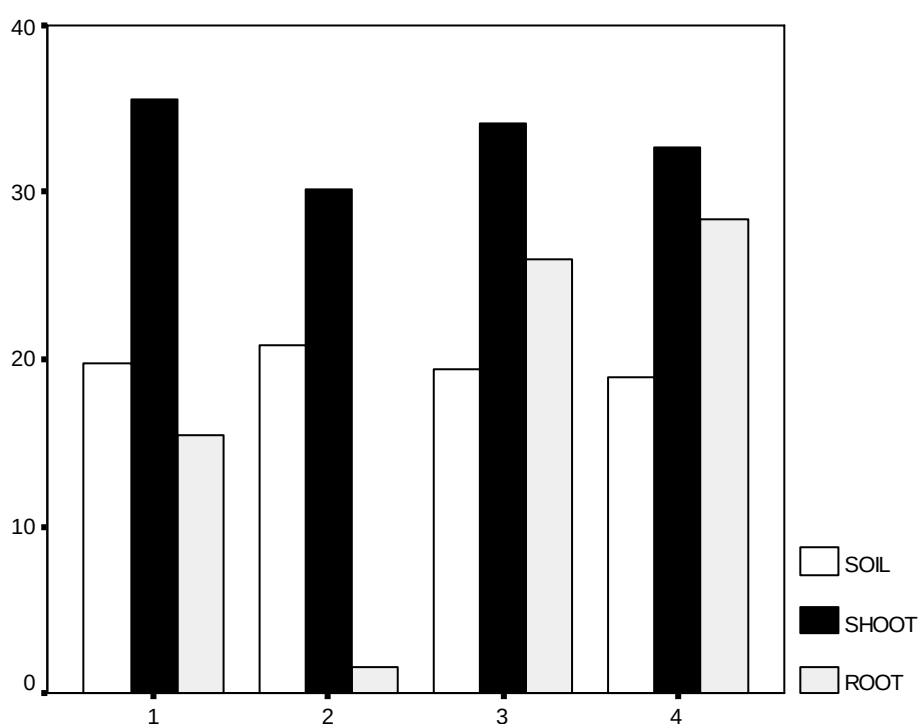


Fig. 2. Comparison of Ni in Soil and plant shoots (mg kg⁻¹)

Another important dicot species which accumulated Ni more than twice the amount of that in the soil was *Pilea microphylla* (L.) Liebm. Among the dicots it was the plant with the highest of relative abundance. Though, the plant is a fast growing species, the plant possess negligible quantities of biomass. It may also be noted that among the four hyper-resilient grasses with very high relative abundance, *Eleusine indica* (L.) Gaertn, *Axonopus compressus* (Sw.) P.Beauv., contained in their shoots almost twice the amount of Ni than that in the soil. Therefore, these species are also subjected to further experimental trials to learn more about their Ni accumulation potentials. A very significant observation was that among the 19 resilient species studied, only one species *Chloris brabata* Sw, alone contained Ni in amounts lesser than that in the soil; only 1/3rd of the soil content Ni was observed in the shoots of this plant.

Ni in plant shoots on roadsides were found to be ranging from 7.95 to 48.2 mg kg⁻¹, which was quite higher than what is expected in natural vegetations; the expected amount

of Ni in most natural vegetation range from 0.05 to 5 mg kg⁻¹ dry weight (NAS, 1975). It was quite interesting to note that, of the 19 plants examined, all except *Chloris brbata* Sw., accumulated Ni in their shoots much higher than that in the soils around them (Fig. 4). Ni levels above 50 mg kg⁻¹ dry weight are toxic for most plants (NAS, 1975; WHO, 1991); but in one of the roadside species, *Eclipta prostrata* (L.) L., Ni content of shoot was 48.2 mg kg⁻¹. This plant belongs to one of the already known Ni hyper accumulator families, *Asteraceae*, and is a very fast growing tropical species with significantly high aboveground biomass. Of course, the amount of accumulation was 1/3rd of the highest Ni levels report of 150.9 mg kg⁻¹ dry weight (Jenkins, 1980). However, the importance of this plant is that Ni in the shoot of this plant was almost three times that in the soil. The plant was found growing luxuriantly on roadsides without any toxicity symptoms; because Ni toxicity in plants is often characterized by chlorosis and necrosis of the leaves, stunting of the roots, deformation of various plant organs and wilting (Prokipcak and Ormrod, 1986); nothing of that kinds of symptoms were observed in the roadside specimens of this species. Therefore, experiments with this species at significantly higher dozes of Ni in soil are continuing to establish its metal accumulation potentials.



1. *Eleusine indica* (L.) Gaertn.
2. *Cynodon dactylon* (L.) Pers.
3. *Axonopus compressus* (Sw.) P.Beauv
4. *Cyperus compressus* L.

Fig. 3. Comparison of Ni in Soil, Shoots and Roots of grasses (mg kg⁻¹)

Among the metal hyper accumulators known, 76 % are Ni hyper accumulator plants (Reeves and Baker, 2000). The number of Ni accumulators amounts more than three hundred species (Chaney et al, 1997) with the accumulation capacity of Ni > 10 mg g⁻¹. The most common Ni hyper accumulator plant is *Allyssum*, certain species of that accumulate Ni at concentrations exceeding 1000 mg kg⁻¹ (Ghaderian et al, 2007). However, the significance of the present finding was that these roadside plants accumulated the metal in their shoots in much higher quantities than that in the soil where they grew. Moreover,

most of these plants are hyper-resilient species existing on physico-chemically, highly disturbed environments and fast growing with high biomass. Correlation studies between relative abundance and metal accumulation revealed that both the values were not at all interrelated; the plant in the highest relative abundance was not the plant with highest metal accumulation potentials.

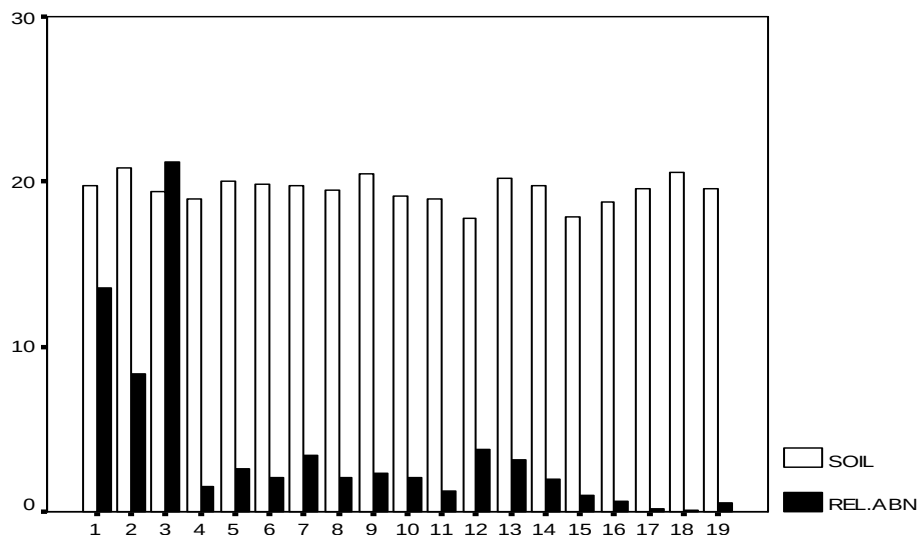


Fig. 4. Ni in shoots of plants (mg kg⁻¹) in relation to their relative abundances (%)

Overall assessment was that contaminated roadsides of biodiversity rich tropics are significant places of botanical expeditions to find out hyper-resilient species against physico-chemical disturbance, which are of highly ecologically significant in many ways. Such inventories of plants and their environmental relationships are suggested as the task of botanists and ecologists towards the betterment of eco-technologies such as phytoremediation in general (EPA, 2000).

ACKNOWLEDGEMENTS

Support extended to the second author for carrying out this research work under the Faculty Improvement Programme (FIP) of University Grants Commission (UGC) New Delhi is gratefully acknowledged.

REFERENCES

- Abou-Shanab RAI, JS Angle and RL Chaney** (2006): Bacterial inoculants affecting nickel uptake by *Alyssum murale* from low, moderate, and high Ni soils. *Soil Biol. Biochem.* 38:2882–2889.
- APHA** (1998): Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, 1015 Fifteenth Street, NW, Washington, DC.
- Bakirdere S and Yaman M** (2008): Determination of lead, cadmium and copper in roadside soil and plants in Elazig, Turkey. *Environ Monit and Assess.* 136 (1-3): 401-410.
- Bert VP, Meerts P, Saumitou-Laprade P, Salis W Gruber and N Verbruggen.** (2003): Genetic basis of Cd tolerance and hyperaccumulation in *Arabidopsis halleri*. *Plant Soil* 249:9–18.
- Chaney RL, Minnie Malik, Yin M Li, Sally L Brown, Eric P Brewer, J Scott Angle and Alan JM Baker** (1997): Phytoremediation of soil metals. *Current Opinion in Biotechnology* 8: 279-284.
- Chaney RL, YM Li, JS Angle, AJM. Baker, RD Reeves, SL Brown, FA Homer, M Malik and M Chin** (2000): Improving metal hyperaccumulator wild plants to develop commercial phytoextraction systems: Approaches and progress. p. 129–158. In N. Terry and G. Bañuelos (ed.) *Phytoremediation of contaminated soil and water*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- Chaney RL, Angle JS, Broadhurst CL, Peters CA, Tappero RV and Sparks DL** (2007): Improved Understanding of Hyper accumulation Yields Commercial phytoextraction and Phytomining Technologies. *J. Environ. Qual.* 36 (5):1429–1443.

- Chen Ming and Lena Ma Q** (2001): Comparison of Three Aqua regia Digestion methods for twenty Florida soils. SSSAJ.65: 491-499.
- Chen Cuiyan, Dejun Huang and Jianquan Liu** (2009): Functions and Toxicity of Nickel in Plants: Recent advances and Future Prospects. Clean 37: (4-5), DOI: 10.1002/clen.200800199
- Conshohochen PA** (1999): American Society for Testing and Material. Standard Guide for Conducting Terrestrial Plant Toxicity Tests.
- Coskun M, Eiliv Steinnes, Marina Viladirova F, Tirill Eidhammer Sjobakk and Svetlana demkina** (2006): Heavy metal Pollution of surface soil in the Thrace Region, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment, 119: 545-556. DOI: 10.1007/s10661-005-9042-3
- Davis MA and Boyd RS** (2000): Dynamics of Ni-based defense and organic defences in the Ni hyper accumulator, *Streptanthus polygaloides* (Brassicaceae). New Phytol. (2000): 146, 211-217.
- EPA** (2000): Introduction to Phytoremediation. EPA1600/R-99/i 07. 72 pp
- Frey JW and Corn M** (1967): Physical and chemical characterization of particles in a diesel exhaust. Am. ind. Hyg. Ass. J. 28: 468-478.
- Fakayode SO and Onianwa PC** (2002): Heavy metal contamination of soil, and bioaccumulation in Guinea grass (*Panicum maximum*) around Ikeja Industrial Estate, Lagos, Nigeria. Environ. Geo. 43: 145-150.
- Ghaderian SM, Mohttadi A, Rahiminejad MR and Baker AJM** (2007): Nickel and other metal uptake and accumulation by species of Alyssum (Brassicaceae) from the ultramafics of Iran. Environ. Pollut. 145: (1) 293-298.
- Government of India.** (2007): Traffic census, Department of Road Transport and highways, Traffic and Transportation zone, National highway No: 220.
- Government Report** (2007): Response of the Western Australian Government to the Western Australian Legislative Assembly Education and Health Standing Committee in Relation to the Cause and Extent of Lead Pollution in the Esperance Area, Govt of Western Australia, Australia. pp.48
- Groppel B, M Anke, E Ridel and M Grun** (1980): The nickel supply and status of wild ruminants in the GDR. In: Anke M, H.J Schneider and C Brückner (ed) Trace Element Symposium: Nickel, Jena, Friedrich-Schiller University, German Democratic Republic pp. 269-276 (in German).
- Heaton ACP, CL Rugh, T Kim, NJ Wang and RB Meagher** (2003): Toward' detoxifying mercury-polluted aquatic sediments with rice genetically engineered for mercury resistance. Environ. Toxicol Chem. 22:2940-2947.
- Ho YB and Tai KM** (1988): Elevated levels of lead and other metals in roadside soil and grass and their use to monitor aerial metal depositions in Hong Kong. Environ. Poll. 49: 37-51.
- Hseu Z, Chen Z, Tsai C, Tsui C, Cheng S, Liu C and Lin H** (2002): Digestion methods for total heavy metals in sediments and soil. Water, Air, Soil Poll. 141: 189-205.
- Jenkins DW** (1980): Nickel accumulation in aquatic biota. In: Nriagu JO (ed) Nickel in the environment, N. Y. USA, Chichester, Brisbane, Toronto, John Wiley and sons. pp283-337.
- Kerala Government Document** (2008): <http://www.kottayam.nic.in/index.htm>
- Mashi SA, Yaro SA and Eyong PN** (2005): A survey of trends related to the contamination of street dust by heavy metals in Gwagwalada, Nigeria. Management of Environ Qual16 (1):71-76.
- Massas C, Ehalotis S and Gerontidis E Sarris** (2009): Elevated heavy metal concentrations in top soils. Environ Monit Assess 151:105-116.
- NAS** (1975): Nickel: Committee on Medical and Biologic Effects of environmental Pollutants. National Academy of Sciences: Washington.
- Nriagu JO** (1979): Global inventory of natural and anthropogenic emissions of trace metals to the atmosphere. Nature 279: 409-11.
- Peer WA, M Mehrzad JL, Freeman B, Lahner EL, Richards RD, Reeves AS, Murphy and DE Salt** (2006): Assessment of plants from the Brassicaceae family as genetic models for the study of nickel and zinc hyperaccumulation. New Phytol. 172:248-260.
- Pollard AJ, Powell KD, Harper FA and Smith JAC** (2002): The Genetic Basis of Metal Hyper accumulation in Plants. Critical Reviews in Plant Sciences, 21(6):539-566.
- Prasad MNV** (2005): Nickelophilous plants and their significance in phytotechnologies. Braz. J. Plant Physiol. 17: (1), 113-128.
- Prokipcak B and DP Ormrod** (1986): Visible injury and growth responses of tomato and soybean to combinations of nickel, copper and ozone. Water, Air and Soil Pollution. 27 (3-4) 329-340.
- Reeves RD, Baker AJM** (2000): Metal-accumulating plants: In Raskin I., Ensley B. D., eds, Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean Up the Environment. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, pp 193-230.
- Reeves R.D, Baker AJM, Borhidi A and Berazain R.** (1996): Nickel accumulating plants from the ancient serpentine soils of Cuba. New Phytol. 133: 217-224.

Riga-Karandinos A. N , C. J. Saitanis and G. Arapis (2006): First study of anthropogenic platinum group elements in roadside top-soils in Athens, Greece Water, Air, and Soil Pollution 172: 3–20.DOI: 10.1007/s11270-005-9016-7

Trivedy RK and Goel PK (1986): Chemical and biological methods for water pollution studies. Environmental Publications, Karad 415 110, India.

Uzbeck IH (1981): Development of root systems of Lucerne and Sainfoin grown on reclaimed soils. Pochvovegenia. 101-107. (in Russian)

WHO (1991): International programmes on chemical safety: Environmental Health Criteria 108- Nickel. World Health Organization, Geneva, 1991, 383 pp

Zarcinas BA, Cartwright B, Spouncer LR (1987): Nitric acid digestion and multi-element analysis of plant material by inductively coupled Plasma Spectrometry. Commun.In Soil Sci. Plant Anal 18: 131-146.

Надійшла до редколегії 03.05.11

ОЦІНКА ВМІСТУ ТА РОЗПОДІЛУ РУХОМОГО ФОСФОРУ У ҐРУНТАХ РАЙОНІВ СХІДНОСЛОВ'ЯНСЬКИХ (VIII–X СТ. Н.Е.) ПАМ'ЯТОК

Чернівецький національний університет ім. Ю.Федьковича

Аналізується вміст і профільний розподіл рухомого фосфору в місцях поселень і городищ східних слов'ян VIII–X століття. Виявлено, що формування фосфорного стану ґрунтів визначають природні чинники, проте певні види діяльності людини сприяють накопиченню цього елемента. Даний факт доцільно застосовувати при археологічних дослідженнях та при аналізі антропогенних змін екосистем.

Ключові слова: сучасний, фоновий та похований ґрунт, фосфор, профіль, індикатор.

Ю. М. Дмитрук, С. В. Пивоваров, Т. І. Цвик

Черновицкий национальный университет им. Ю. Федьковича

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА В ПОЧВАХ РАЙОНОВ ВОСТОЧНОСЛАВЯНСКИХ (VIII–X ВВ. Н.Э.) ПАМЯТНИКОВ

Анализируется содержание и профильное распределение подвижного фосфора в местах поселений восточных славян VIII–X вв. Выявлено, что формирование фосфорного состояния почв определяют природные факторы, однако определенные виды деятельности человека способствуют накоплению этого элемента. Данный факт целесообразно применять при археологических исследованиях и анализе антропогенных изменений экосистем.

Ключевые слова: современная, фоновая и погребенная почва, фосфор, профиль, индикатор.

Y. M. Dmytruk, S. V. Pivovarov, T. I. Tsvyk

Chernivtsi Yu. Fedkovych National University

EVALUATION OF CONTENT AND DISTRIBUTION OF MOBILE PHOSPHORUS IN SOILS OF AREAS OF EARLY (1100–900 AD) SETTLEMENTS

The content and profile distribution of mobile phosphorus in soils in the early settlements of the Slavs (1100–900 AD) were analyzed. Formation of soil phosphorus is determined by natural factors. However, certain types of human activities contribute to the accumulation of this element in soils. This fact should be applied in archaeological research and analysis of anthropogenic changes in ecosystems.

Keywords: modern, background and buried soil, phosphorus, profile, indicator.

Питання відновлення умов минулих періодів історії надзвичайно актуальне, що пояснюється сучасною динамікою клімату та рослинності, природною і внаслідок антропогенних імпаکتів. Ґрунти, зберігаючи в собі сліди всіх попередніх процесів і подій, є одними з основних архівів біосфери. Проте для найкращого відновлення еколого-ландшафтних умов потрібні оптимальні та надійні індикатори. До їх числа відносять і різноманітні макро- та мікроелементи, зокрема фосфор. Останній та його сполуки більш стійкі, порівняно з іншими елементами, а тому зберігаються навіть у верхніх горизонтах ґрунтів тривалий час (Память почв, 2008). Завдання дослідження – встановити особливості педогеохімії фосфору в місцях східнослов'янських поселень та можливість її використання для оцінки різних екосистем.

Огляд літератури з індикаторної ролі фосфору засвідчує широкі можливості цього елемента саме для виявлення місць проживання людей (Александровская, 2007; Плеханова, 2007). Відомо, що й на сучасному етапі в ґрунтах урболандшафтів концентрується фосфор («фосфатизація» поселень) та зростає рН ґрунтового покриву. Даний факт підтверджено й для палеоґрунтів районів давніх поселень (Плеханова, 2007; Тергу, 2000; Vogel, 2011). Підвищений вміст фосфору в ґрунтах антропогенно змінених екосистем зберігається тривалий час, хоча цей процес тісно

зв'язаний з конкретними чинниками довкілля та наступним використанням таких ландшафтів (Archaeology on the A303 Stonehenge Improvement, 2003). Вміст фосфору допомагає виявити не тільки власне поселення людей, але й конкретизувати види їхньої діяльності, місця, де готувалася їжа, викидали сміття, а також, що особливо важливо для оцінки перетвореності території, тривалість проживання людей на одному місці (Crowther, 1997; Parnelli, 2001; Terry, 2000; Vogel, 2011).

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження підтримані програмою «Оцінка пізньоголоценових змін клімату з використанням палеопедологічного аналізу ґрунтово-часових катен» (тема 56.81, Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича), перший етап якої приурочений до місць поселень східних слов'ян (VIII–X століття), зокрема це стаціонари Рідківці, Грушівка, Глибока (Чернівецька область).

Всі пам'ятки відносяться до райковецької (Лука-райковецька) археологічної культури і датуються за виявленими матеріалами VIII–X ст. н.е. Комплекс слов'янських пам'яток (ремісниче поселення і городище-сховище) поблизу с. Рідківці входить до Чорнівецького гнізда слов'янських поселень. Пам'ятка була виявлена С. В. Пивоваровим та Л. П. Михайлиною в 1999 р. (Пивоваров, 2010). Розкопками, проведеними на території поселення, досліджено рештки 5 жител-напівземлянок із печами-кам'янками, 3 наземні споруди, з них 2 – ремісничого призначення (кузня та майстерня по вичинці шкір) та одна господарська будівля. Отриманий під час археологічних робіт матеріал (уламки кераміки, залізні знаряддя праці, предмети озброєння, побути, срібні і бронзові прикраси, візантійська монета) дозволяють датувати пам'ятку VIII – початком IX ст. н.е.

Городище із слов'янськими матеріалами в с. Грушівка входить до Волоцького гнізда поселень (Тимошук, 1990). Дана пам'ятка багаточасова. Її обстеження показало, що тут присутні матеріали трипільської археологічної культури (IV–III тис. до н.е.), ранньозалізного часу (передскіфський період, X–VIII ст. до н.е.) та слов'янського часу VIII–X ст. н.е. На пам'ятці досліджено рештки 2-х жител-напівземлянок із печами-кам'янками (Тимошук, 1976) та виявлений матеріал райковецької культури IX–X ст. н.е. (Тимошук, 1990).

Глибоцьке городище відноситься до Червонодібровського гнізда слов'янських поселень. Часом його спорудження є ранньозалізний вік (I тис. до н.е.). Слов'янські матеріали (уламки кераміки райковецької культури) зафіксовані поблизу валів, де знаходилися наземні споруди (Тимошук, 1976; с. 149; Тимошук, 1990; с. 178) очевидно, культового призначення.

На стаціонарі Рідківці закладено 12 розрізів (схил західної експозиції, різної стрімкості) ґрунтів (ліс та луки), ґрунтів похованих під земляними валами, утворених на валах, ґрунтів на місці землянок, а також під колишньою ріллею (табл. 1).

Таблиця 1

Будова ґрунтів стаціонарів і вміст в них рухомих форм фосфору, мг/100 г ґрунту

Розріз	Горизонт	Глибина, см	Вміст фосфору
1	2	3	4
Стаціонар Рідківці			
В-1Р (нижній вал)	Eh	6–28	0,70
	I(e)	28–70	0,47
	Eh(gl)f	70–96	0,27
	Iglf	96–134	0,94
	Ip(gl)f	134–170	7,63
	Pikglf	170–200(видно)	0,46
В-2Р (нижній вал)	Eh	0–15	1,42
	E(h)	15–46	1,40
	I(gl)k	46–70	1,46
	Ehkf	70–82	0,28
	Ikf	82–108	0,05

Продовження табл. 1

1	2	3	4
В-3Р (верхній вал)	HE	0–8	8,43
	P(h)ar	8–66	10,7
	HE(gl)arf	66–84	47,5
	IGlf	84–150(180)	7,54
	Pkglf	180–200(видно)	4,04
3С (ліс біля валів)	H(e)	0–16	14,0
	HE	16–40	8,83
	I(h)gl	40–69	8,50
	IpGl	69–94	29,6
	PkGl	94–145(видно)	0,27
7 (сінокіс на місці ріллі)	H(орн.)	0–30	24,6
	E(h)gl	30–55	52,4
	Imgl	55–95	35,1
	Ipgl	95–115(видно)	38,3
8 (ліс за межами городища)	HE	0–19	19,6
	Eh	19–37	25,0
	E(i)gl	37–58	29,1
	Imgl	58–150(видно)	20,5
5 (городище, землянка)	H	0–32	48,6
	Hp(gl)ar	32–48	64,4
	IpGlar	48–60(видно)	54,8
6 (городище, землянка)	H	0–20	25,4
	Hpiar	20–45	61,3
	Pik(gl)ar	45–66	23,2
	Pk(gl)ar	66–96(видно)	57,0
ПО-1 (городище, ліс)	H	0–45	61,9
	Hpkar	45–100	26,5
	Phkar	100–111	19,3
	Pk	111–147(видно)	11,4
ПО-2 (луки за межами городища)	He	0–29	5,63
	Eh	29–44	15,6
	Igl	44–82	24,4
	Imgl	82–135	35,2
	Pk	135–160(видно)	34,8
ТА-2 (луки на вододілі)	H	0–22	7,83
	HPQ	22–42	23,1
	Pk(q)	42–100(видно)	0,91
ТА-1 (городище, ліс)	H	0–30	75,7
	E(gl)	30–67(видно)	26,8
Станіонар Грушівка			
Гр-1 (фоновий розріз, ліс)	H(e)	0–21	6,24
	He(gl)	21–45	20,4
	Im(gl)	45–127	21,5/18,3
	Ipkgf	127–135(видно)	10,1
Гр-2В (вал у лісі)	H	0–29	29,3
	HPar	29–59	34,7
	H(e)arf	59–76	37,2
	Ihf	76–94	29,5
	Imglf	94–147	26,8
	IpGlif	147–180	24,1
Гр-3В (складний вал у лісі)	Pikglf	180–205(видно)	21,4
	H+Har	0–67	–
	PHar	67–79	–
	Harf	79–100	35,1
	HEf	100–135	19,6
	I(h)glf	135–185(видно)	28,9

1	2	3	4
Станіонар Глибока			
17 (ліс між валами)	HE(gl)	5–23	7,61
	Egl	23–40	5,09
	Imgl	40–82(видно)	8,02
18 (фоновий розріз, ліс)	HE(gl)	5–17	1,61
	I(h)gl	17–43	3,15
	ImGl	43–82	4,20
	IpmgI	82–142(видно)	1,14
Т (верхній вал у лісі)	H	2–48	0,30
	Phk	48–76	0,48
	H(e)pf	76–120	6,46
	HE(gl)f	120–148	8,50
	I(h)m(gl)f	148–185	9,78
	Ip(gl)f	185–250	7,47
	Pkglf	250–300	5,85
	DkGl f	300–310(видно)	3,40
В (нижній вал у лісі)	Eh(gl)	2,5–46	5,85
	P(h)gl	46–68	3,40
	pH(e)glkf	68–95	5,0
	HEk(gl)f	95–146	4,52
	IhmgIf	146–172	4,54
	Ip(gl)f	172–200	12,2
	Pi(gl)f	200–220	–

Примітки: * f – похований горизонт; аг – включення артефактів, зв'язаних з давньою діяльністю людини

На станіонарі Грушівка закладено 3 розрізи – фоновий та під двома валами, а на станіонарі Глибока – 4 розрізи: два фонових та два на земляних валах. Фоновими ґрунтами є сірі лісові (Рідківці) та буровато-підзолисті (Грушівка, Глибока). Зразки відбиралися за генетичними горизонтами, в яких проводили фізико-хімічні аналізи, у тому числі гранулометричний склад та кількість рухомого фосфору (за Кірсановим), визначали вміст окремих важких металів. Для деяких горизонтів встановлено їхній вік за допомогою радіовуглецевого методу (Київська Радіовуглецева лабораторія державного наукового центру радіогеохімії навколишнього середовища НАН України). При обробці результатів аналізів використано статистичний, кореляційний та багатовимірний аналізи.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За всіма розрізами станіонару Рідківці вміст фосфору змінюється від 0,05 до 75,7 мг/100 г ґрунту (середня кількість – $21,6 \pm 20,6$ мг/100 г ґрунту. Висока варіабельність фосфору пояснюється поєднанням впливом природних і антропогенних факторів, зокрема давньою діяльністю людей. Середній вміст фосфору в ґрунтах різних екосистем станіонару Рідківці відрізняється досить істотно (рис. 1).

Фонова кількість фосфору близька незалежно від рослинного покриву (ліс чи луки). Його мінімальний вміст у ґрунтах, похованих під земляними валами та утвореними за час їх існування на насипному матеріалі. Найвища кількість фосфору у ґрунтів на місці землянок, яка в понад 17 разів перевищує мінімальну та більш як у 2,5 рази фонову. Підвищений вміст фосфору, порівняно з фоновими ґрунтами лісу та лук, спостерігається також на місці городища і для закладеного на колишній ріллі (не обробляється близько 10 років) розрізу.

Профільний розподіл рухомого фосфору досить диференційований (рис. 2). Найменша його кількість у ґрунтах нижнього валу, в якого характерний монотонний розподіл фосфору по профілю. У розрізі верхнього валу дещо підвищена кількість фосфору та порушення його рівномірного розподілу за рахунок високої кількості цього елемента у верхньому гумусовому горизонті похованого ґрунту (47,5 мг/100 г

грунту). Це зумовлено частішим перебування людей саме на місці верхнього валу, розміщеного зі сторони городища, звідки скоріше за все очікували можливих нападів. Перебування людей на цій оборонній споруді могло бути тривалішим, а тому сюди брали деякі запаси їжі, рештки якої потрапляли у ґрунт.

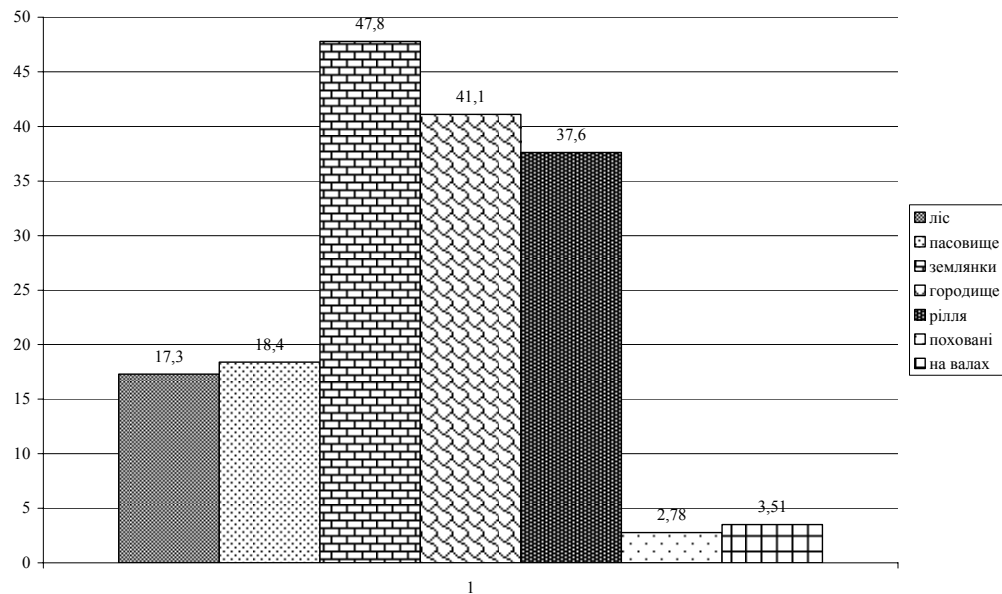


Рис. 1. Середній вміст рухомих форм фосфору (мг/100 г ґрунту) у ґрунтах екосистем стаціонару Рідківці

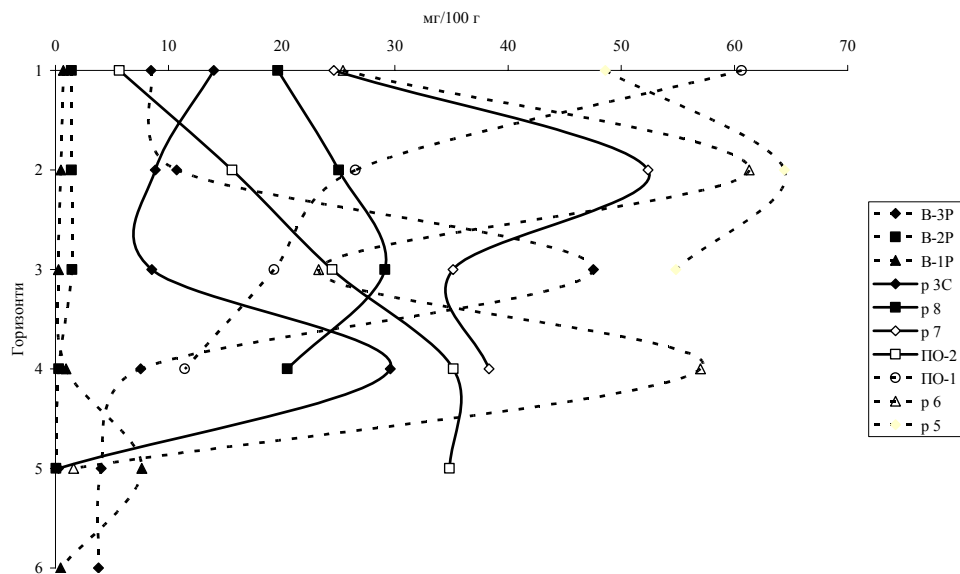


Рис. 2. Профільний розподіл вмісту рухомого фосфору у ґрунтах різних екосистем стаціонару Рідківці;

тут і далі номери горизонтів відповідають їх розміщенню в табл. 1

Низька кількість фосфору в похованих ґрунтах – результат природних процесів ґрунтогенезу: органічних форм фосфору мало через низький вміст гумусу, що опосередковано підтверджує переважання тут лісової рослинності на етапі

будівництва валів та функціонування городища (1100–900 років тому назад). Відомо й те, що в кислих ґрунтах домінує фосфат-іон H_2PO_4^- , який адсорбується ґрунтом (гідрооксидами заліза, алюмінію та марганцю) при низьких значеннях рН. Тому вміст активного фосфору зменшувався за рахунок його переходу у валову форму.

У фоновому розрізі лісового ґрунту поблизу (близько 150 м) валів кількість фосфору значно більша, а його максимум (майже 30 мг/100 г) приурочений до нижнього перехідного до материнської породи горизонту. Останній характеризується найважчим гранскладом за рахунок накопичення тут мулистих часток як результат оглинення та метаморфізації. Сприяли збільшенню кількості фосфору в цьому ж розрізі значно менша кислотність (карбонатна материнська порода) та вищий вміст гумусу. Ймовірна інтенсифікація гумусоаккумулятивного процесу за останні 1000 років і зменшення кислотності спричинені, найперше, зміною рослинності. За цей час могла збільшуватися площа під грабом, буком, кленом, ясенем (мегатрофи) за рахунок зменшення ареалів берези, осики, дуба, акації, а також верби і вільхи в гідроморфних екотопах (мезо- та оліготрофи). Ймовірно також за цей час зменшення аж до цілковитого зникнення шпилькових видів, найперше сосни. Отже, загалом, за останнє тисячоліття збільшується кількість видів, вимогливих до вмісту елементів живлення у ґрунтах. Для впевненого висновку доцільне проведення споро-пилкового аналізу реперних горизонтів. Підвищена кислотність ґрунтів пригнічує життєдіяльність ґрунтових бактерій, які беруть участь в розкладанні органіки і мінералізації речовин, що формують гумусовий стан ґрунту, а тому вміст гумусу в похованих ґрунтах менший, ніж у сучасних фонових лісового екотопу.

Максимальний вміст фосфору в метаморфізованому перехідному горизонті спостерігається і для фонового сірого лісового ґрунту (розріз 8), закладеного поблизу городища. Аналогічний профільний розподіл цього елемента відзначено також під пасовищем (розріз ПО-2), характерною рисою якого є досить низький вміст фосфору у верхній гумусованій частині профілю. Отже, для сучасних, не порушених антропогенною діяльністю ґрунтів вміст фосфору зростає в середній частині профілю, зменшуючись у породі. Диференціація еколого-ландшафтних умов, найперше рослинності та рельєфу, формують неоднорідність фосфорного стану фонових ґрунтів.

У ґрунтах на місці давньослов'янського городища максимум фосфору у верхній гумусованій частині профілів, збагачених артефактами (рис. 2). Звернемо увагу на підвищену кількість фосфору в колишньому підорному горизонті (розріз 7), який акумулювався тут в умовах польової сівозміни очевидно при удобренні.

Для стаціонару Грушівка середній вміст рухомих форм фосфору складає 24,2 мг/100 г ґрунту (від 6,24 до 37,2). У похованому ґрунті його середня кількість (27,8 мг/100 г) істотно більша, ніж у похованих ґрунтах інших стаціонарів. Пояснення цього, на нашу думку, в особливостях природних чинників генезису, а не тільки антропогенних впливах. Однозначно більша кількість цього елемента в розрізах на валах, порівняно з фоновим ґрунтом: 29,0 і 27,9 проти 15,3 мг/100 г. Хоча перевищення в порушених ґрунтах над фоновим не таке істотне як для стаціонару Рідківці, антропогенний вплив на кількість фосфору очевидний.

Це підтверджується при аналізі профільного розподілу фосфору (рис. 3). Його максимум для фонового ґрунту – в середній частині профілю, що аналогічно з фоновими ґрунтами стаціонару Рідківці (рис. 2). Найбільша кількість фосфору ґрунтів валів також приурочена до горизонтів концентрації артефактів. У похованого ґрунту вміст фосфору різко зменшується від його гумусового горизонту до материнської породи (рис. 3). Ґрунт на валу виділяється підвищеною кількістю фосфору, порівняно з похованим ґрунтом. В останньому його вміст істотно перевищує такий для фонового бурувато-підзолистого ґрунту. Особливістю стаціонару Грушівка є вища кількість фосфору у похованому ґрунті, ніж у сучасному фоновому. Ймовірно, що цей екотоп при насипанні валу давніми слов'янами був лучним, кислотність була меншою, а склад материнської породи – сприятливіший для формування підвищеного вмісту фосфору.

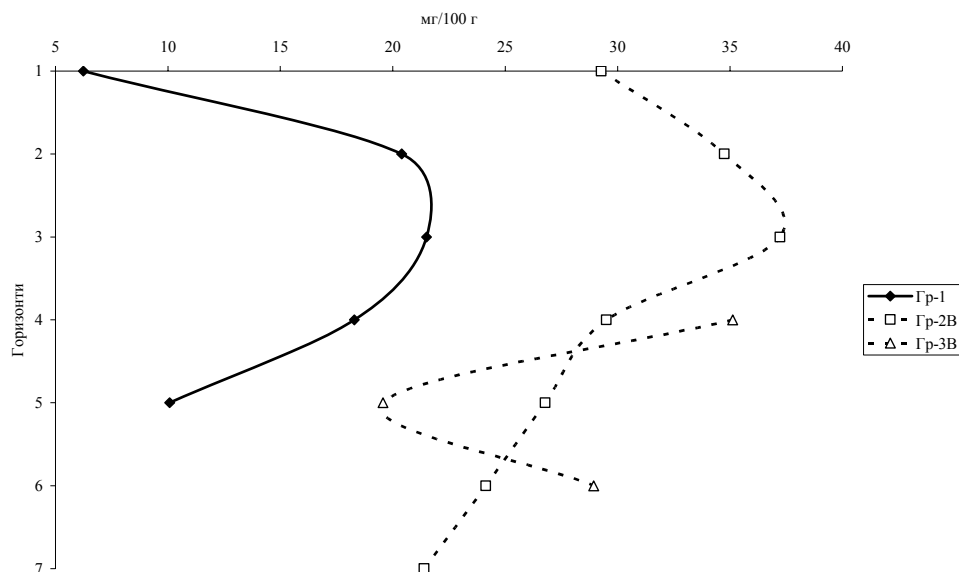


Рис. 3. Профільний розподіл вмісту рухомого фосфору за ґрунтами різних екосистем стаціонару Грушівка

У ґрунтах стаціонару Глибока найменша середня кількість фосфору (5,23 мг/100 ґрунту; від 0,3 до 12,2) серед всіх аналізованих розрізів. Порівняння вмісту фосфору в фонових (4,40 мг/100 г), похованих (7,64 мг/100 г) і ґрунтах на валах (3,01 мг/100 г) свідчить про відсутність визначного чинника, сприятливого для акумуляції цього елемента, в тому числі й діяльності людини. Очевидно, перебування давніх слов'ян на місці насипання валів не було тривалим, а приготування чи споживання їжі тут було обмежене. Відмітимо певну тенденцію до зростання вмісту фосфору в порушених ґрунтах (понад 2 рази), якщо брати за фоновий ґрунт розріз 18 (2,52 мг/100 г), найбільш віддалений від валів (5,92 та 5,50 мг/100 г) та розміщеного між двома валами розрізу 17 (6,91 мг/100 г).

Ймовірно, що умови ґрунтогенезу як тепер, так і 1000 років тому були близькими та сприятливими для виносу фосфору, а не його акумуляції. Зважаючи на показники бурувато-підзолистих ґрунтів стаціонару Глибока, очевидно більшість сполук фосфору тут важкорозчинні (залізо-фосфорні). Розвиток ґрунтів від часу насипання валів до нинішнього відбувався в напрямку зростання їх кислотності, оглеєння і оглинення без виносу та елювіально-ілювіального перерозподілу.

Профільний розподіл фосфору в цих ґрунтах досить рівномірний: підвищена його кількість найчастіше в метаморфізованих горизонтах (рис. 4). У фоновому розрізі 18 профільний розподіл тотожний з таким для фонових ґрунтів стаціонарів Рідківці та Грушівка. Можливо на зміни фосфору по профілю розрізу 17 все-таки вплинула діяльність людей (він аналогічний з верхньою частиною розрізу В). Загалом для похованих ґрунтів спостерігається зростання кількості фосфору вниз по профілю.

Отже, порівнюючи середню кількість фосфору на всій території дослідження, виявляємо його максимум у горизонтах на валах стаціонару Грушівка (табл. 1). Рівнозначні за кількістю фосфору фонові ґрунти Грушівки та Рідківців, а поховані – Рідківців та Глибокої. Такий розподіл фосфору є свідченням того, що на час насипання валів умови ґрунтогенезу на території стаціонарів Глибока та Рідківці були ближчими, ніж у Грушівці. Швидше за все, в останньому випадку переважала лучна рослинність, тоді як в інших – лісова. Тому й на валах Грушівки ґрунти збагачені фосфором: до його підвищеного вмісту в матеріалі, який насипався, додався антропогенний вплив (насиченість артефактами валів Грушівки

максимальна). Вали Глибокої та Рідківців складені з матеріалу ґрунтових горизонтів того часу, в яких уміст фосфору апіорі низький, а наступна діяльність людини при будівництві не сприяла його зростанню.

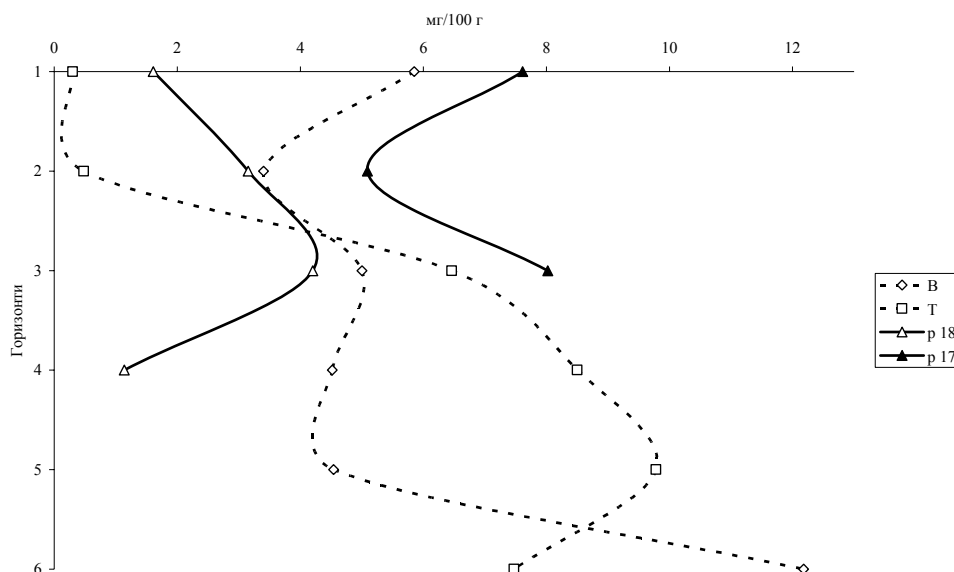


Рис. 4. Профільний розподіл вмісту рухомого фосфору за ґрунтами різних екосистем стаціонару Глибока

Таблиця 2

Середній вміст фосфору у ґрунтах різних екосистем, мг/100 г ґрунту

Ґрунти	Стаціонари		
	Рідківці	Глибока	Грушівка
Фонові*	17,3	4,40	13,8
Поховані	7,25	7,64	27,8
На валах	3,85	3,01	33,4
Середній вміст	21,6	5,23	24,4

Примітка. * для всіх стаціонарів – лісові екосистеми

Оцінюючи тренд процесів, які були сприятливими (не сприятливими) для кількості рухомого фосфору зауважимо, що природні чинники в Грушівці та Глибокій еволюціонували в сторону зменшення (майже вдвічі) рухомості фосфору (можливо і його загального вмісту), а для стаціонару Рідківці навпаки – збільшенню практично в 2,5 рази (табл. 1). Оцінимо деякі варіанти впливів: зменшення вмісту фосфору (Грушівка, Глибока) може відбутися при зміні трав'янистих біоценозів лісовими, з принагідним збільшенням кислотності ґрунтів, інтенсифікацією процесів радіального виносу (при зростанні коефіцієнта зволоження) та оглеєння. Лісові біоценози на території стаціонару Глибока були весь час (IX століття н.е. – дотепер), а для Грушівки площа лісових біоценозів більшала. Вказані чинники діяли протилежно на території Рідківців, тобто тут ліс був на етапі заселення давніми слов'янами, ймовірно відбувалися зміни породного складу: зростала частка листяних порід (перш за все – граба, бука, ясена, явора). Сучасні ґрунти Рідківців – сірі лісові, іманентні особливості яких зумовлені поєднаною дією еколого-ландшафтних умов (характерна розтягнутість перехідних горизонтів і їх інтенсивна метаморфізація, а не ілювіювання, процеси опідзолення приглушені). Водночас сучасні фонові ґрунти Грушівки і Глибокої – бурувато-підзолисті, в розвитку яких визначальна роль належить дещо іншим елементарним ґрунтоутворюючим процесам.

Кореляційний аналіз (все для $p < 0,05$) засвідчує визначальну для вмісту фосфору роль гумусу незалежно від екосистем, а також гранскладу (рис. 5), рідше – кислотності, зокрема для ґрунтів стаціонару Рідківці. Кластерний аналіз демонструє групування фосфору з вмістом гумусу (рис. 5), часто у складніших кластерах (гумус – марганець чи, здебільшого, окремі фракції гранскладу – рис. 6 та 7).

$$\text{фосфор} = 3,76 + 3,3 \text{гумус} + 0,2 \text{мул}$$

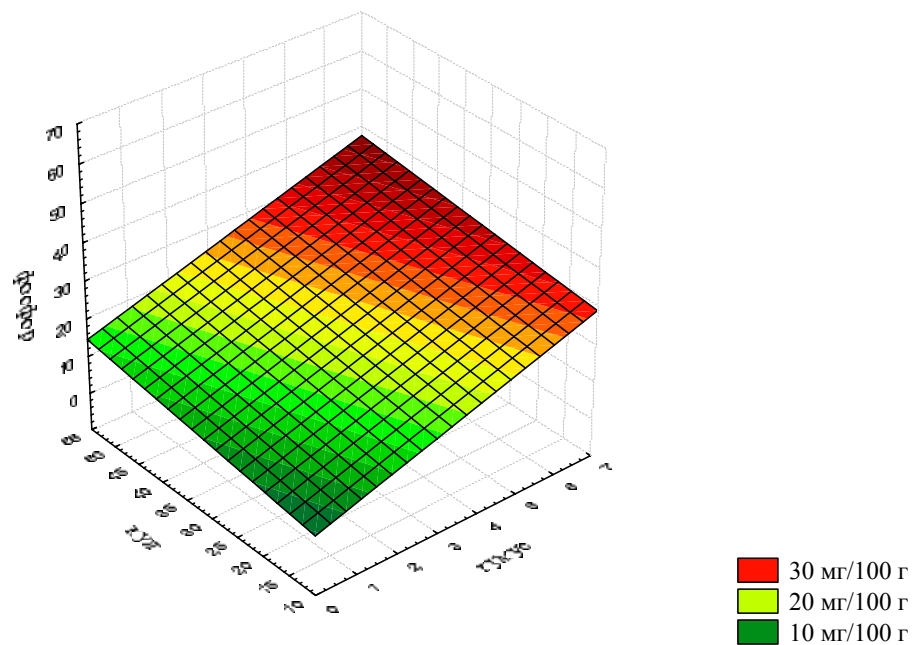


Рис. 5. Множинна лінійна регресія впливу вмісту гумусу та мулу на кількість обмінного фосфору для ґрунтів всіх стаціонарів

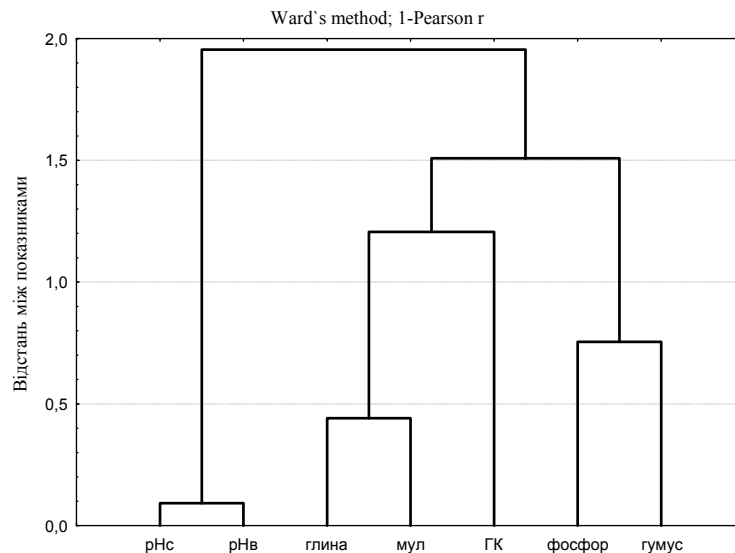


Рис. 6. Дерево зв'язків окремих показників ґрунтів всіх стаціонарів на основі коефіцієнта Пірсона

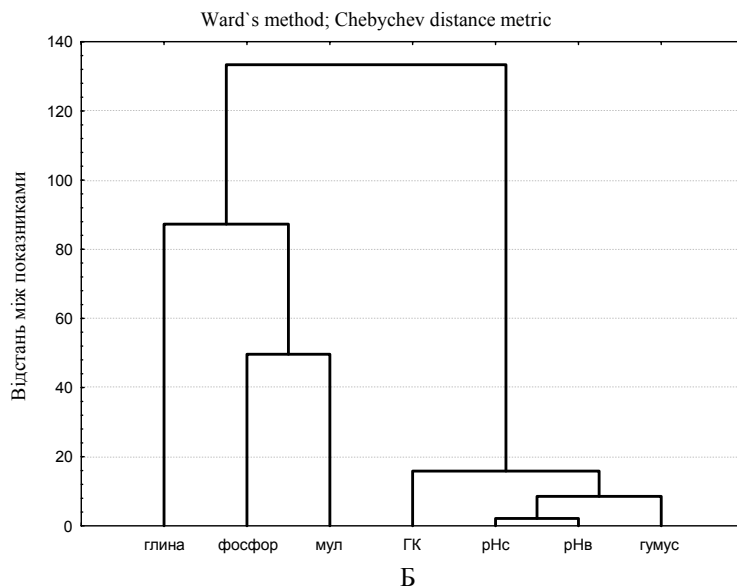


Рис. 7. Дерево зв'язків окремих показників ґрунтів всіх стаціонарів на основі показника Чебишева

ВИСНОВКИ

Процеси ґрунтогенезу формують фосфорний стан ґрунтів у відповідності до еколого-ландшафтних чинників, найперше – рослинного покриву та окремих показників ґрунтів (вміст гумусу, грансклад, кислотність), роль яких може змінюватися в часі та просторі. Загалом вищий вміст фосфору в окремих ґрунтах свідчить і про триваліший гумусоаккумулятивний процес, їх більшу родючість, як функцію тривалішого педогенезу. Тобто фонові ґрунти Грушівки та Рідківців мають більш довгочасний період генезису, тоді як Глибокої – короткий.

Фосфор акумулюється в приурочених до діяльності людини місцях, в першу чергу там, де готувалася чи вживалася їжа, де викидали сміття. Найголовніше питання – чи може бути фосфор індикатором верхніх горизонтів похованих ґрунтів, у випадку, якщо гумусована частина профілю зрізалася при будівництві споруд слов'янами (це ускладнює точне відновлення місця давньої денної поверхні), або при слабкому процесі ґрунтогенезу, зокрема гумусоаккумулятивному, що не дозволяє однозначно встановити рівень верхнього горизонту похованого ґрунту? Очевидно тільки тоді, коли діяльність людини супроводжувалася певними геохімічними впливами, до яких не відноситься будівництво того часу. Геохімічним впливом зокрема можна вважати приготування їжі, зберігання продуктів харчування, споживання їжі та окремі пов'язані церемонії, за яких органічні рештки потрапляли у ґрунт. Це підтверджується даними про вміст фосфору у горизонтах земляних валів. Так, в розрізах В-1Р, В-2Р та В-3Р тільки в одному випадку (поверхневий горизонт похованого ґрунту HE(gl)arf) очевидна антропогенна акумуляція фосфору; певне накопичення цього елемента спостерігається в гумусовому горизонті похованого ґрунту розрізу Гр-3В. Водночас на місці поселення східних слов'ян (стаціонар Рідківці), де відбувався весь цикл їхньої діяльності, підвищена кількість фосфору виявлена практично для території всього городища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Александровская Е. И. Антропохимия / Е. И. Александровская, А. Л. Александровский. – М. : Класс-М, 2007. – С. 184, 173-206.
- Память почв / Отв. редакторы В. О. Таргульян, С. В. Горячкин. – М. : Изд-во ЛКИ, 2008. – С. 667.

- Пивоваров С. В.** Охоронні археологічні дослідження слов'янських пам'яток на Буковині у 2009 р. / С. В. Пивоваров // Питання стародавньої та середньовічної історії, археології й етнології. – Чернівці : Прут, 2010. – Т. 1. (29). – С. 41-54.
- Плеханова Л. Н.** Эволюция почв речных долин степного Зауралья / Л. Н. Плеханова, В. А. Демкин, Г. Б. Зданович. – М. : Наука, 2007. – С. 200-209.
- Тимошук Б. О.** Слов'яни Північної Буковини V–IX. – К. : Наук. думка, 1976. – 178 с.
- Тимошук Б. А.** Восточнославянская община VI–X вв. н.э. – М. : Наука, 1990. – 188 с.
- Crowther J.** Soil phosphate surveys: critical approaches to sampling, analysis and interpretation // Archaeological Prospection 4 (1997). – Pp. 93-102.
- Parnelli J. J.** Soil chemical analysis of activity areas in the archeological site of Piedras Negras, Guatemala // http://www.famsi.org/research/piedras_negras/pn_project/Parnelli_2001.pdf
- Terry R. E., Hardin P. J., Houston S. D. and all.** Quantitative phosphorus measurement: a field test procedure for archaeological site analysis at Piedras Negras, Guatemala // Geoarchaeology. – 15 (2000). – Pp. 151-166.
- Vogel S., Märker M.** Characterization of the pre-AD 79 Roman paleosol south of Pompeii (Italy): Correlation between soil parameter values and paleo-topography // Geoderma. Volume 160, Issues 3–4. – 2011. – Pp. 548-558.
- http://www.wessexarch.co.uk/files/projects/A303-Improvements/1_soil.pdf** – Archaeology on the A303 Stonehenge Improvement. Appendix 1: Soil / By Matt Leivers and Chris Moore.

Надійшла до редколегії 12.07.11

ТЕОРЕТИЧНІ ПРОБЛЕМИ ҐРУНТОЗНАВСТВА

УДК 631.4

І. С. Смага, В. Р. Черлінка

АНАЛІЗ ОБ'ЄКТИВНОСТІ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ БАЛЬНИХ ОЦІНОК ОКРЕМИХ КРИТЕРІЇВ БОНІТУВАННЯ ҐРУНТІВ

Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича

Просліджено залежність бальної оцінки вмісту гумусу, фізичної глини та потужності гумусового горизонту кислих оглеєних профільно-диференційованих ґрунтів Передкарпаття від методу розрахунку та наведено переваги і недоліки окремих методів нормування.

Ключові слова: бонітет ґрунту, гумус, гранулометричний склад, потужність гумусового горизонту, методики бонітування.

И. С. Смага, В. Р. Черлинка

Черновицкий национальный университет им. Ю. Федьковича

АНАЛИЗ ОБЪЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ РАСЧЕТА БАЛЛЬНЫХ ОЦЕНОК ОТДЕЛЬНЫХ КРИТЕРИЕВ БОНИТИРОВКИ ПОЧВ

Прослежены зависимость балльной оценки содержания гумуса, физической глины и мощности гумусового горизонта кислых оглеенных профильно-дифференцированных почв Прикарпатья от метода расчета и приведены преимущества и недостатки отдельных методов нормирования.

Ключевые слова: бонитет почвы, гумус, гранулометрический состав, мощность гумусового горизонта, методики бонитировки.

I. I. Smaga, V. R. Cherlinka

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

ANALYSIS OF METHODS OF CALCULATION OF NUMERICAL SCORES OF SEPARATE CRITERIA APPRAISAL OF SOILS

The dependence of the numerical score of humus content, physical clay and humus gleyed profile capacity of acid-differentiated soils of Precarpathians on method of calculation is examined. The advantages and disadvantages of certain methods of valuation are presented.

Keywords: quality of locality of soil, humus, granulometric composition, capacity of humus layer, appraisal procedure.

Незважаючи на те, що бонітет ґрунтів України в 1993–95 рр. було встановлено за офіційно затвердженою методикою (Новаковский, 1992), висловлюються різні погляди стосовно методичних основ бонітетної оцінки (Полупан, 2005; Медведев, 2006). Це стосується підбору еталонних ґрунтів чи еталонних ознак ґрунтових властивостей для порівняльної оцінки якості ґрунту, методів розрахунку бальних оцінок окремих ознак, способів їх усереднення тощо.

Найпоширеніший метод встановлення бальної оцінки кожного з вибраних критеріїв – знаходження його частки в % за відношенням до еталонних величин

(Гаврилюк, 1974). Пропонувалося також виражати в процентах різницю фактичних і мінімальних значень ознаки від різниці її максимальних і мінімальних значень (Кулаковская, 1978, 1990). Були розроблені й інші методи. Так, для бальної оцінки окремих факторів запропоновано використовувати функцію бажаності, під якою розуміють той чи інший бажаний рівень оптимізації параметрів окремих показників ґрунтових властивостей, прийнятих у якості критеріїв для бонітування. При цьому кожен з них трансформують так, щоб еталонному (найкращому) значенню показника відповідала одиниця (або 100), а найгіршому – нуль :

$$y_i = \left\{ -k * \left(\frac{x_i - a_i}{a_i - b_i} \right)^n \right\},$$

де y_i – показник оцінки властивості ґрунту; x_i – фактичне значення ознаки; a_i – оптимальне значення ознаки; b_i – найгірше значення ознаки; « $k=5$ » і « $n=3$ » – коефіцієнти перетворення, які підбирають відповідно до проміжних рівнів показників x_i і y_i (Гринченко, 1984, 1992).

Зазначимо, що такий метод нормування (переведення у відносні значення) показників ґрунтових властивостей не дає змоги врахувати негативний вплив на рослини тих ознак, числові значення яких вищі від оптимальних (наприклад рівноважна щільність, рН, вміст фізичної глини та ін.). Крім того, експоненційна форма кривої, отримана при розрахунку за відповідною формулою забезпечить однакову оцінку фактора за рівновеликих відхилень його від оптимального значення в більшу чи меншу сторону, хоча при цьому будуть складатися неоднакові умови для росту рослин.

Квадратична модель теж дає змогу визначити бальну оцінку двосторонніх критеріїв (Лісовий, 1993). Однак, згідно неї аналогічне зниження продуктивності рослин відбудеться як при зменшенні значень ознаки, так і при її збільшенні від точки теоретичного оптимуму. Тобто, простежується аналогія з попереднім методом нормування.

Крива поліному 3–4 степеня, яка може використовуватися при нормуванні ознак та для наступного їх узагальнення за допомогою формули середнього гармонічного дає змогу врахувати нерівнозначність впливу рівновеликих вищих та нижчих від точки теоретичного оптимуму значень ознаки на умови росту рослин (Черлінка, 2001). Це дає підстави рекомендувати використання такого підходу для функціонального перетворення (нормування) окремих критеріїв бонітетної оцінки ґрунтів на агроекологічній основі. Таким чином, залежно від генетичних особливостей ґрунтів, формуються ті чи інші значення однієї і тієї ж ознаки, внаслідок чого потрібно застосовувати правосторонній, або лівосторонній поліном для їх бальної оцінки (нормування). При використанні зазначеного методу теж постає проблема вибору еталонних значень окремих показників ґрунтових властивостей – в загальнодержавному чи регіональному масштабі. Тому метою досліджень було проаналізувати методи розрахунку бальних оцінок (нормування) окремих показників ґрунтових властивостей. Предметом досліджень виступали властивості ґрунтів, що приймаються в якості критеріїв бонітування.

Об'єкт та методи – методи бальної оцінки окремих показників ґрунтових властивостей.

Для апробації різних методів нормування використовували показники властивостей профільно-диференційованих ґрунтів Сторожинецького земельно-оціночного району Чернівецької області, отримані внаслідок власних багаторічних польових та експериментальних їх досліджень.

Бальну оцінку вмісту гумусу, фізичної глини та потужності гумусового горизонту розраховували за формулою Т. Н. Кулаковської (1978, 1990), за офіційно затвердженою методикою бонітування ґрунтів (Новаковский, 1992), з використанням функції бажаності (Гринченко, 1984, 1992) та поліномів 3–4 ступеню на основі формули гармонічного середнього, принципи розробки яких були описані раніше (Черлінка, 2001). Для виведення поліномів використовували загальнодержавні (Медведев, 1997) та підібрані для умов Сторожинецького земельно-оціночного району Чернівецької області еталонні (регіональні) значення показників зазначених ґрунтових властивостей.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Згідно офіційно діючої в Україні методики, при частковому (зокремленому) бонітуванні ґрунтів еталон, що представлений агровиборничою групою ґрунту підбирають окремо для кожної культури в межах природно-сільськогосподарського району і в зоні її вирощування, зокрема в ареалі екологічного оптимуму для даної культури (Новаковский, 1992). Числові характеристики їх ознак і властивостей приймають за 100 балів у межах природно-сільськогосподарського району, чи декількох районів у випадку відносної однорідності території. Стосовно еталонного ґрунту розраховуються бонітети всіх агрогруп та складається відповідна шкала бонітетів. Для всієї зони вирощування тієї чи іншої культури вона розробляється з використанням спеціальних кліматичних коефіцієнтів.

Вважаємо, що порівняльну оцінку якості ґрунту (бонітування) доцільно проводити в межах територій з генетично близькими ґрунтовими відмінами. Така територіальна основа оцінки земель згідно з Земельним Кодексом України (2001) встановлена шляхом природно-сільськогосподарського районування території з виділенням природно-сільськогосподарських районів. Це зумовлює необхідність встановлення часткових бонітетів ґрунтів відповідно до картосхеми зон вирощування основних сільськогосподарських культур. Для бальної оцінки показників ґрунтових властивостей з точки зору відповідності їх вимогам окремих культур доцільно розробити відповідні поліноми, підібравши еталони на регіональному рівні з використанням описаних раніше підходів (Черлінка В. Р.).

За еталонний ґрунт для озимої пшениці в Сторожинецькому земельно-оціночному районі прийнято агрогрупу 198д – бурі гірсько-лісові та дерново-буроземні ґрунти. Значення показників їх властивостей прийняли за точку теоретичного оптимуму. Відповідні величини складають: вміст гумусу 3,5 %, потужність гумусового горизонту – 45 см, для вмісту фізичної глини – 44 %. Розробка поліномів для розрахунку бальних оцінок цих факторів на основі формули гармонічного середнього проведена із збереженням форми кривих, отриманих при використанні показників оптимальних значень ґрунтових властивостей, що рекомендуються еталонами для всієї території України (Медведев, 1997). Для встановлення числових параметрів показників що відповідають оптимальним, допустимим та недопустимим умовам росту рослин була визначена кількісна відмінність значень окремих критеріїв бонітування в точці теоретичного оптимуму, прийнятої згідно загальнодержавного еталона до їх значень в точці теоретичного оптимуму, прийнятої згідно регіонального еталона. Це дало змогу встановити значення цих ознак в точках, що відповідають 80-ти та 50-ти бальній оцінці, а також в точці, за якої біопродуктивність дорівнюватиме нулю. Шляхом апроксимації бальних оцінок в цих точках поліномами 3–4 ступеню за формулою середнього гармонічного отримано криві, близькі за формою до параболи. Згідно з рівнянням параболи, що об'єктивно описує умови росту рослин, подальше посилення дії екологічного фактора після досягнення певного рівня вже не забезпечує належного ефекту. Відповідні вирази апроксимованих поліномів наведено в табл. 1.

Згідно пропонованого загальнодержавного еталона, оптимальне значення pH_{KCl} для озимої пшениці складає 6,8 (Медведев, 1997). Розроблені поліноми показують, що «нульову» оцінку цей фактор отримає вже при його значеннях 5,1 (рисunek). Однак, ґрунтам Карпатського регіону притаманна, зазвичай, середньо- та сильнокисла реакція середовища (pH_{KCl} буває в межах 4,0–4,5). Врахувати зазначений фактор при бонітетній оцінці досліджуваних ґрунтів за таким методом неможливо. Тому, на нашу думку, необхідно обмежитися використанням pH_{KCl} як модифікаційного критерію, тобто застосовувати розроблені поправочні коефіцієнти на різні його величини (Новаковский, 1992).

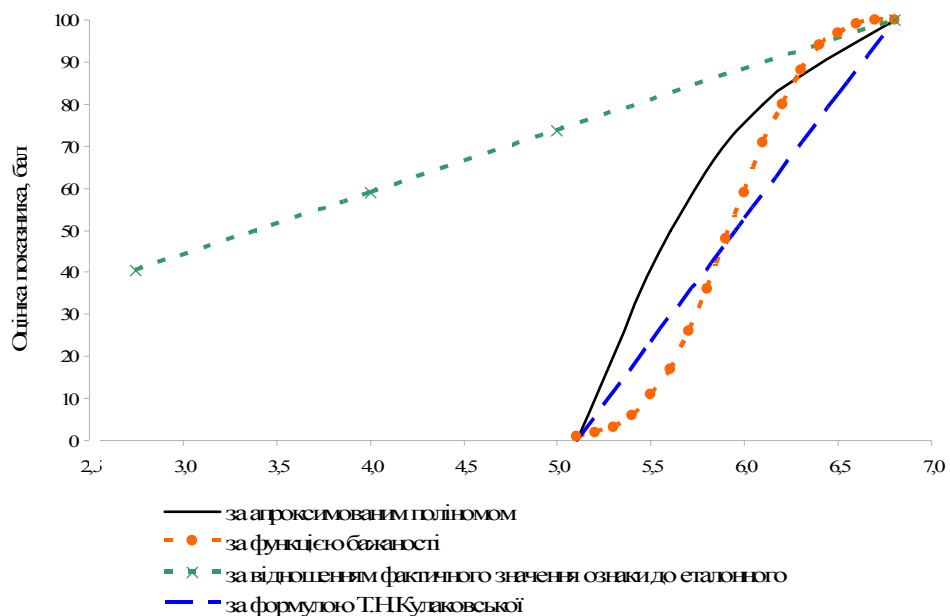
Еталонне значення вмісту гумусу для досліджуваних ґрунтів визначене нами на рівні 3,5 %, що на 1 % нижче, ніж за республіканським еталоном. Більш низьке значення еталона прийнято і для потужності гумусового горизонту (45 см). На території Передкарпаття переважають середньо- та важкосуглинкові різновиди

ґрунтів, а вміст фізичної глини в агропромисловій групі ґрунту, прийнятій за еталон (198д) складає 44 %. Це, навпаки, перевищує значення, прийняті для загальнодержавного еталону. Крім того, необхідно зважати й на те, що з поважчанням гранулометричного складу ґрунтів Передкарпаття створюються менш сприятливі для рослин умови водно-повітряного режиму.

Таблиця 1

Поліноми для перетворення абсолютних значень показників ґрунтових властивостей (X) у нормовані (Y) на прикладі озимої пшениці

Показник, одиниці виміру	Точка теоретичного оптимуму	Мінімальні значення	Поліном
За загальнодержавним еталоном			
Вміст гумусу, %	4,5	<2,0	$y = 1,1111x^3 - 11,111x^2 + 55,278x - 25$
Вміст фізичної глини, %	35	<20	$y_{\text{лів.}} = 2,37 * 10^{-4} * x^4 - 1864,86 * 10^{-3} * x^3 + 0,4451x^2 + 0,0603x$ $y_{\text{прав.}} = 0,000517705x^3 - 0,0998779x^2 + 4,32186x + 48,889$
Потужність гумусового горизонту, см	65	<35	$y = 8E - 0,5x^3 - 0,0144x^2 + 1,8358x - 2E - 12$
За регіональним еталоном			
Вміст гумусу, %	3,5	<2,0	$y = 5E - 13x^3 - 4E - 12x^2 + 33,333x - 16,667$
Вміст фізичної глини, %	44	<16	$y_{\text{лів.}} = 3,215 * 10^{-4} * x^4 + 0,0252 * x^3 + 0,553 * x^2 + 0,0905 * x$
Потужність гумусового горизонту, см	45	<18	$y = 0,0006x^3 - 0,0562x^2 + 3,5321x + 7E - 12$



Номограми для бальної оцінки показника $pH_{КСІ}$ стосовно його відповідності вимогам озимої пшениці

Розрахунки згідно з положенням офіційно діючої методики показали, що в досліджуваних ґрунтах досить високі бальні оцінки отримують вміст гумусу (74,3–100) та фізичної глини (79–100 балів). Натомість, нижчі оцінні величини притаманні потужності гумусового горизонту (44,4–75,6 балів). Аналогічні закономірності отримано й при розрахунку балів за цими ж ознаками за апроксимованими поліномами 3–4 степеня на основі формули гармонічного середнього (табл. 2). Бальна оцінка потужності гумусового горизонту в цьому випадку теж виявилася найнижчою. Для досліджуваних агропромислових груп ґрунтів вона складає 41,0–66,7 балів по відношенню до регіонального еталонного ґрунту. Оцінні бали отримуються нижчими, ніж у випадку розрахунку за традиційним способом, який використано в останньому турі робіт з бонітування ґрунтів України. Різниця складає від 3,4 до 8,9 бала та зростає із зростанням значень бальної оцінки ознаки.

Вища бальна оцінка вмісту гумусу отримується при розрахунку за відповідним поліномом на основі формули гармонічного середнього. Різниця із традиційним методом розрахунку порівняно незначна – 0,9–3,4 бала. Знову ж таки, із зростанням значень бальної оцінки цієї ознаки, вона нівелюється. У випадку розрахунку за розробленим поліномом теж отримується бальна оцінка вища за 100, коли фактичні значення вмісту гумусу перевищують значення, прийняті за еталонні. Зазначене характерне і для бальної оцінки гранулометричного складу ґрунту за цими двома методами. Однак, потреба в такому розрахунку відпадає в зв'язку з використанням 100-бальної оцінної шкали, прийнятої при бонітуванні ґрунтів в Україні.

Отже, при встановленні бальної оцінки ознак за поліномами 3–4 ступеню на основі формули гармонічного середнього порівняно з традиційним методом розрахунку нижчу бальну оцінку отримує ознака, що виступає лімітуючим фактором родючості ґрунтів. У нашому випадку це потужність гумусового горизонту. Це, звичайно ж, впливатиме й на зниження загальної бонітетної оцінки ґрунту (Смага, 2010).

Значення балів оцінки цих же ґрунтових властивостей, отримані при розрахунку за формулою Т. Н. Кулаковської (1987, 1990) значно відрізняються від балів, визначених за двома описаними вище методами. Так, щодо вмісту гумусу вони виявилися в 1,5–2 рази нижчими. В тих випадках, коли фактичне значення вмісту гумусу в ґрунті вище, ніж в еталоні, навпаки, отримується значно вищі (на 5–10 балів) значення ознак порівняно з іншими методами. Однак, такий розрахунок виключається в зв'язку з використанням 100-бальної шкали, про що зазначалося вище.

Бальна оцінка гумусового горизонту при застосуванні цього методу взагалі знижується в 1,5–5 разів. Близькі до попередніх двох методів результати отримано тільки по бальній оцінці гранулометричного складу ґрунту за вмістом фізичної глини.

Зауважимо, що на величину бальної оцінки окремого критерію бонітування, отримуваної за формулою Т. Н. Кулаковської суттєвий вплив здійснює мінімальне значення показника тієї чи іншої ґрунтової властивості. Мінімальні значення щодо вмісту гумусу прийняті на рівні 2 %, потужності гумусового горизонту – 18 см, а вмісту фізичної глини – 18 % (див. табл. 1). Встановлення таких мінімальних значень ускладнюється через відсутність масових експериментальних даних. Отже, цей метод більше підходить для оцінки ґрунтів піщаного та супіщаного гранулометричного складу Нечорноземної смуги, на яких він пройшов перевірку у виробничих умовах.

Досить неоднозначні дані отримані при нормуванні цих показників ґрунтових властивостей за функцією бажаності з дотриманням прийнятих умов щодо їх мінімальних та оптимальних значень. Так, щодо бальної оцінки вмісту гумусу, то близькі до отриманих за апроксимованим поліномом значення бувають при високих їх значеннях (90 балів і вище). При вмісту гумусу 2,6 %, оцінний бал згідно функції бажаності в 2 рази нижчий, ніж за апроксимованим поліномом. Незначна різниця між фактичними та мінімальними значеннями потужності гумусового горизонту (2–7 см) стала причиною отримання невисоких оцінних балів згідно з функцією бажаності (1,9–13,1). Такі результати неспівставимі з отриманими за будь-яким іншим методом. Лише щодо вмісту фізичної глини результати бальної оцінки, близькі до отриманих за іншими методами. Отже, при використанні функції бажаності для нормування ознак проявляються такі ж закономірності, як і у випадку з формулою Т. Н. Кулаковської.

ВИСНОВКИ

1. Показана неможливість використання поліномів на основі формули середнього гармонічного та середнього геометричного, розроблених за загальнодержавним еталоном для бальної оцінки pH_{KCl} при бонітуванні кислих оглеєних профільно-диференційованих ґрунтів Передкарпаття.

2. Розробка поліномів 3–4 ступеню на основі формули гармонічного середнього для бальної оцінки вмісту гумусу, фізичної глини, а також потужності гумусового горизонту доцільна відносно кращих значень цих показників в регіональних ґрунтах у межах природно-сільськогосподарського району із збереженням форми поліноміальних кривих, отриманої при створенні їх згідно з загальнодержавним еталоном.

3. Величина бальної оцінки потужності гумусового горизонту профільно-диференційованих ґрунтів Передкарпаття при розрахунку за апроксимованим поліномом на основі формули середнього гармонічного отримується на 4–5 балів нижчою порівняно з офіційно-затвердженою методикою.

4. Використання формули Т.Н. Кулаковської призводить до зниження бальної оцінки всіх досліджуваних показників ґрунтових властивостей, особливо вмісту гумусу та потужності гумусового горизонту, а функції бажаності – потужності гумусового горизонту (до 1,9–13,1 бала при 44,4–55,6 бала за офіційно затвердженою методикою) та вмісту гумусу за невеликих його значень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Агроэкологическая оценка земель Украины и размещение сельскохозяйственных культур / Под ред. В. В. Медведева. – К. : Аграрна наука, 1997. – 162 с.

Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України: навч. посібник для студентів вищих навч. закл. / М. І. Полупан, В. Б. Соловей, В. І. Кисіль, В. А. Величко. – К. : Колообіг, 2005. – 304с.

Гаврилюк Ф. Я. Бонитировка почв / Ф. Я. Гаврилюк. – М. : Высш. школа, 1974. – 272 с.

Кулаковская Т. Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев / Т. Н. Кулаковская. – Минск : Ураджай, 1978. – 272 с.

Кулаковская Т. Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений / Т. Н. Кулаковская. – М. : Агропромиздат, 1990. – 219 с.

Лісовий М. В. Математичне моделювання родючості основних типів ґрунтів України / М. В. Лісовий, В. П. Філатов // Агрохімія і ґрунтознавство. – К. : Урожай, 1993. – Вип. 56. – С. 83-88.

Медведев В. В. Бонитировка и качественная оценка пахотных земель Украины / В. В. Медведев, И. В. Плиско. – Х. : Изд-во «13 типография», 2006. – 386 с.

Методика бонитировки почв Украины / Л. Я. Новаковский, А. П. Канаш, А. И. Розумный и др. – К., 1992. – 102 с.

Смага І. С. Вплив методів усереднення на бонітет ґрунтів / І. С. Смага, В. Р. Черлінка // Ґрунт – основа життя. – Зб. наук. пр. до Всесвітнього дня ґрунту. – К., 2010. – С. 169-172.

Черлінка В. Р. Обґрунтування узагальненого показника родючості ґрунтів / В. Р. Черлінка // Вісник аграрної науки. – 2001. – № 5. – С. 78-79.

Надійшла до редколегії 14.06.11

ТЕХНОГЕННА БІОГЕОЦЕНОЛОГІЯ ТА ТИПОЛОГІЧНА ПЕРІОДИЧНА СИСТЕМА ТЕХНОГЕННИХ ЕКОТОПІВ*Криворізький національний університет*

Техногенез у всіх його формах обумовлює формування техногенних біогеоценозів, усі компоненти та елементи яких по різному техногенно змінені. Різноманіття техногенних екотопів можна відбити різноваріантними періодичними типологічними системами. Техногенні біогеоценози є аренами специфічного відбору толерантних форм, з наслідками екологічного поліморфізму та генетичної гетерогенності.

Ключові слова: техногенез, біогеоценоз, екотоп, толерантність, евритехно- і стенотехноеки.

В. И. Шанда

*Криворожский национальный университет***ТЕХНОГЕННАЯ БИОГЕОЦЕНОЛОГИЯ И ТИПОЛОГИЧЕСКАЯ ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ТЕХНОГЕННЫХ ЭКОТОПОВ**

Техногенез во всех его формах формирует техногенные биогеноценозы, все компоненты которых по-разному техногенно изменены. Многообразие техногенных экотопов можно отобразить периодическими типологическими системами. Техногенные биогеноценозы являются аренами специфического отбора толерантных форм, с проявлениями экологического полиморфизма и генетической гетерогенности.

Ключевые слова: техногенез, биогеноценоз, экотоп, толерантность, эвритехно- и стенотехноеки.

V. I. Shanda

*Krivoy Rog National University***ANTHROPOGENIC BIOGEOCENOLOGY AND TYPOLOGICAL PERIODIC SYSTEM OF ANTHROPOGENIC ECOTOPES**

Technogenesis in all its forms creates anthropogenic biogeocenoses, all of whose components have different technologically altered. A variety of anthropogenic ecotopes can display periodic typological systems. Anthropogenic biogeocenosis is the place of specific selection of tolerant forms, with demonstrated ecological polymorphism and genetic diversity.

Key words: technogenesis, biogeocoenosis, ecotope, tolerance, evritechno- and stenotechnoecoes.

Техногенна біогеоценологія (Травлев, 1989) є системою знань, яка розгортається у сучасний період стосовно сутності формування, існування, функціонування та різних просторово-часових масштабів розвитку біогеоценозів у техногенному середовищі

Техногенезом О. Є. Ферсман (Баландин, 1982) назвав геохімічну діяльність людини, проте сфера цього поняття розширена (Глазовская, 1988; Лукашев, 1987; Перельман, 1989) і його зміст визначається сукупністю геохімічних, геологічних, геофізичних процесів, які обумовлюються діяльністю людини.

Техногенна біоценологія є органічною складовою техногенної екології, що захоплює всю проблематику аут- і синекології організмів різних царств живої природи (насамперед, рослин), їхні реакції, адаптації, в перспективі їхню еволюцію, розвиток біогеоценозів на фоні техногенезу, теорію та практику оптимізації стану організмів і їхніх угруповань, нейтралізації та компенсації порушень у біогеоценозах.

В техногенній біогеоценології цілком логічним є використання підходів і поняттєвого апарату загальної екології (Сукачев, 1964; Бельгард, 1950) принципу

деталізації компонентів біогеоценозу А. П. Травлєєва (1973) з відповідними модифікаціями. В першому наближенні доцільним є визначення техногенного біогеоценозу як двокомпонентної системи, котру складають техногенні екотоп і біоценоз. Техногенні екотопи формуються на фоні техногенної діяльності людини, інженерно-технічних і технологічних процесів різних виробництв, особливо чорної металургії, хімічної промисловості, паливно-енергетичного, нафтопереробних, цементних та військово-промислового комплексів, целюлозних або льонокомбінатів, промислового, дорожнього, цивільного будівництва, розробки корисних копалин, фабрик по збагаченню різних бідних руд, теплових (на різноманітній сировині) електростанцій, АЕС, тваринницьких комплексів, які своїми відходами забруднюють усі середовища життя.

Значне місце займають штучне рельєфоутворення та переміщення мас гірських порід (механогенез) при різних інженерно-геологічних заходах: 1) вибухові, наливні роботи, ущільнення ґрунтів, створення відвалів, обладнання фундаментів; 2) захисні заходи від абразії, денатурації, дефляції, ерозії, карстоутворення, суффозії. Геохімічно техногенез визначається видобутком хімічних елементів з природного середовища, перегрупованням хімічних елементів, зміною хімічного складу сполук, створенням нових хімічних елементів і сполук, розсіюванням залучених у техногенез елементів у навколишньому середовищі, при цьому хімічні елементи та сполуки їх, як викиди промислових підприємств, можуть реагувати між собою, ускладнювати загальну картину їхнього хімічного впливу.

Техногенні порушення всіх середовищ життя характеризуються широкими спектрами різноманітних змін, які мають різні наслідки в природних і штучно сформованих біогеоценозах. Накладання, інтеграція різних техногенних порушень природного середовища, штучне порушення геоморфології ускладнюють динамічну картину техногенних екотопів і необоротних змін у всіх їхніх компонентах.

Пило-димо-газове, аерозольне та інші забруднення в техногенних екотопах класифікуються як механічні, фізичні, хімічні, за своєю дією вони можуть бути: фонові, імпульсні (залпові), постійні, періодичні, катастрофічні, параметричні (що змінюють нормативні показники атмосфери та ґрунту), інгредієнтні (що вносять у екотоп нові хімічні сполуки, агенти техногенного забруднення). Техногенні екотопи утворюються: при зведенні ґрунтів, підтоплення гарячими, стічними, шахтними водами, відходами технологічних процесів, насичення ними ґрунтів і вод, створення різного типу відвалів, винесення на земну поверхню гірських порід тощо, а також впродовж авто-, залізничних магістралей і ЛЕП.

Техногенні фактори загалом, і зокрема хімічні, атмосферні, мають різні концентрації, рівень інтенсивності, діапазон дії, форми, характер і напрями. Вони є динамічними, відзначаються ступенями шкідливих і гранично припустимих норм концентрації і поширенням у просторі, далеко від джерел викидів, утворюючи техногенні потоки і ореоли розсіювання, що осідають, накопичуються на поверхні рослин, ґрунтів (субстратів взагалі) та змінюючи хід екологічних процесів. Техноаеротоп, як приземна атмосфера техноекотопу є найбільш рухомих з його компонентів, залежний від сили та напрямку вітрів. Атмосферні забруднювачі – пил, дим, гази, аерозолі можуть створювати вологісні та фотохімічні смоги, реагувати між собою, по-різному діяти на біоту та ґрунти. Вони можуть не тільки осідати, але й вмиватися опадами в рослини та ґрунти («кислотні» дощі). Відповідним чином скривлюються стани геліо-, термо-гігротопів у техногенних біогеоценозах. Продовжуючи екстраполяцію біогеоценологічних понять відзначимо, що техногенно порушені ґрунти (або субстрати) є техноедафотопами, для яких характерними є великі різноманіття: це можуть бути зональні техногенно забруднені, по-різному деградовані ґрунти (z), субстрати гірських порід, складованих у відвали: пухких (g_1), скельних (l), або піщані (p) та урбоґрунти (u). Типологія техногенних екотопів є однією з передумов оптимізуючих заходів, але вона не може бути універсальною, проте, будуватися на полікритеріальній основі.

Типологія техногенних біогеоценозів може бути створена на неформалізованих засадах з використанням типологічних ідей О. Л. Бельгарда (Травлєєв, 1999) і в

формалізованому підході, як будувалася типологічна періодична система парцеларних соснових лісів Присамар'я Дніпровського (Шанда, 2006). Ми побудували один з варіантів типологічної періодичної системи техногенних екотопів з літофільними субстратами (L) для встановлення можливих їхніх типів за характером субстратів (що позначені вище), трофністю субстратів К (низькою – K₁, середньою – K₂, високою – K₃) і рівнями їхнього забруднення М (слабким – m₁, помірним – m₂, значним – m₃) на фоні таких рельєфних відмінностей, як a₁- пласка форма, в – горбиста, с – лошовинна, схили – d - Пд, с-ПдС, f – ПдЗ, g-Пн, h – ПнС, i – ПнЗ (таблиця).

Періодичні типологічні системи техногенних екотопів для інших субстратів і ґрунтів можна формувати подібним чином, крім цього можна створювати їх окремо для забрудненої атмосфери, або комплексно для техногенного аеротопу та едафотопу з різними рівнями забруднення. Це також відкриває принциповий шлях для деталізації як усіх компонентів так і агентів забруднення в техногенних біогеоценозах.

Стан біоти в цих біогеоценозах в основному обмежений дослідженнями рослинності (Тарчевський, 1974; Травлев, 1989). Складний комплекс забруднюючих речовин і похідних їхнього реагування з леткими речовинами та транспіраційною вологою в техноаеротопах діє на аеропланктон, обмінні процеси між ним і техноедафотопом, фіксацію атмосферного нітрогену тощо.

Періодична типологічна система техногенних екотопів

	Трофність субстратів, К										Тип субстрату, L	
	Рельєф	k ₁			k ₂			k ₃				
1	a	ak ₁ lm ₁	ak ₁ lm ₂	ak ₁ lm ₃	ak ₂ lm ₁	ak ₂ lm ₂	ak ₂ lm ₃	ak ₃ lm ₁	ak ₃ lm ₂	ak ₃ lm ₃		
2	b	bk ₁ lm ₁	bk ₁ lm ₂	bk ₁ lm ₃	bk ₂ lm ₁	bk ₂ lm ₂	bk ₂ lm ₃	bk ₃ lm ₁	bk ₃ lm ₂	bk ₃ lm ₃		
3	c	ck ₁ lm ₁	ck ₁ lm ₂	ck ₁ lm ₃	ck ₂ lm ₁	ck ₂ lm ₂	ck ₂ lm ₃	ck ₃ lm ₁	ck ₃ lm ₂	ck ₃ lm ₃		
4	d	dk ₁ lm ₁	dk ₁ lm ₂	dk ₁ lm ₃	dk ₂ lm ₁	dk ₂ lm ₂	dk ₂ lm ₃	dk ₃ lm ₁	dk ₃ lm ₂	dk ₃ lm ₃		
5	e	ek ₁ lm ₁	ek ₁ lm ₂	ek ₁ lm ₃	ek ₂ lm ₁	ek ₂ lm ₂	ek ₂ lm ₃	ek ₃ lm ₁	ek ₃ lm ₂	ek ₃ lm ₃		
6	f	fk ₁ lm ₁	fk ₁ lm ₂	fk ₁ lm ₃	fk ₂ lm ₁	fk ₂ lm ₂	fk ₂ lm ₃	fk ₃ lm ₁	fk ₃ lm ₂	fk ₃ lm ₃		
7	g	gk ₁ lm ₁	gk ₁ lm ₂	gk ₁ lm ₃	gk ₂ lm ₁	gk ₂ lm ₂	gk ₂ lm ₃	gk ₃ lm ₁	gk ₃ lm ₂	gk ₃ lm ₃		
8	h	hk ₁ lm ₁	hk ₁ lm ₂	hk ₁ lm ₃	hk ₂ lm ₁	hk ₂ lm ₂	hk ₂ lm ₃	hk ₃ lm ₁	hk ₃ lm ₂	hk ₃ lm ₃		
9	i	ik ₁ lm ₁	ik ₁ lm ₂	ik ₁ lm ₃	ik ₂ lm ₁	ik ₂ lm ₂	ik ₂ lm ₃	ik ₃ lm ₁	ik ₃ lm ₂	ik ₃ lm ₃		
		m ₁	m ₂	m ₃	m ₁	m ₂	m ₃	m ₁	m ₂	m ₃		
		Забруднення субстратів, М										

Техногенні біогеоценози є специфічними системами організмів різних царств живої природи, серед яких утримуються здебільшого технотолерантні форми (здатні зберігати життєдіяльність в умовах різного техногенного навантаження). Це означає, що ці біогеоценози є полями відбору технотолерантних видів, окремих ценопопуляцій і екоелементів у різних клінальних залежностях при негативних техногенних умовах. Формування техногенних біогеоценозів відзначається вихідною випадковістю комплектування складу та горизонтальних композицій будови техногенних фітоценозів, початковим подоланням техноекотопічних, а потім біотичних бар'єрів (опір) при заселенні. Екологічно в техногенних біогеоценозах біологічні види, в своїй стійкості, можуть утворювати певні ряди технотолерантності: від широкої (евритехноеки) до вузької, обмеженої певною мірою техногенного впливу (стенотехноеки) з різними переходами між ними. В техногенних біогеоценозах агенти хімічного, променевого, польового (електро-магнітного) напруження можуть діяти як модифікатори життєдіяльності (змінюючи габітус, окремі частини, органи рослин, габітус; викликаючи фізіолого-біохімічні зміни, денатурацію сполук у рослин) та мутагени. Морфози та фенкопії, як не спадкові зміни рослин, які імітують мутації по різному виявляються у морфогенезі, життєвих циклах, спричиняючи ксерофілізацію, суккулентність, неотенію, карликовість.

В техногенних екотопах у межах кожного рослинного виду, або групи видів можна виявити гомологічні ряди морфозів, тобто ця закономірність підпорядковується закону М. І. Вавілова. Разом з тим, неопрацьована проблема еволюційної ролі біогеоценозів набуває нових аспектів при встановленій мутагенній дії техногенних факторів (опроміньєнь, полів, хімічних речовин), у тому числі таких, яких не має у природі, але є продуктами інтеграції техногенних. В ценопопуляціях техногенних фітоценозів мають місце зміни частот генів, генотипів, поява нових алелей (натиск мутацій).

Складні екологічні та мікроеволюційні явища в техногенних біогеоценозах поки що тільки починають розкриватися в їхній науковій картині з існуванням техногенного поліморфізму та техногенної генетичної різноманітності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Баландин Р. К.** Поэт камня / Р. К. Баландин. – М. : Знание, 1982. – 192 с.
- Бельгард А. Л.** Лесная промышленность юго-востока УССР / А. Л. Бельгард. – К. : КГУ, 1950. – 263 с.
- Глазовская М. А.** Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР / М. А. Глазовская. – М. : Высш.шк., 1988. – 328 с.
- Перельман А. И.** Геохимия / А. И. Перельман. – М. : Высшая школа, 1989. – 328 с.
- Лукашев В. К.** Геологические аспекты охраны природы / В. К. Лукашев. – М. : Наука и техника, 1987. – 336 с.
- Сукачев В. Н.** Основные современные проблемы биogeоценологии / В. Н. Сукачев. – Журнал общей биологии. – 1965. – Т. 26, вып. 3. – С. 249-260.
- Травлев А. П.** Опыт детализации структурных компонентов лесного биogeоценоза в степи / А. П. Травлев. – Вопросы степного лесоведения. – Д. : ДГУ, 1973. – Вып. 4. – С. 6-18.
- Травлев А. П.** Научные основы техногенной биogeоценологии / А. П. Травлев. – Биogeоценологические исследования техногенных ландшафтов степной Украины. – Д. : ДГУ, 1989. – С. 4-9
- Тарчевский В. В.** К вопросу о выделении новой отрасли знаний промышленной ботаники / В. В. Тарчевский // Охрана природы на Урале. – Свердловск : УГУ, 1969. – Вып. 7. – С. 14-29.
- Травлев А. П.** Биоэкологические особенности охраны лесных биogeоценозов и лесной рекультивации техногенных ландшафтов Западного Донбасса Украины / А. П. Травлев, В. Н. Зверковский, Н. А. Белова // Проблемы охраны, рационального использования и рекультивации черноземов. – М. : Наука, 1999. – С. 175-207.
- Шанда Л. В.** Аспекти теорії степового лісознавства: біogeоценологічні парцели та їхня періодична екотопічна система / Л. В. Шанда // Ґрунтознавство. – 2006. – Т. 7, № 3-4. – С. 84-91.

Надійшла до редколегії 07.06.11

SELECTING PARAMETERS FOR AN SOIL QUALITY INDEX¹ University A. I. Cuza, Romania² Romanian Academy, Romania

During the last decades, soil quality evaluation emerged as a very important field of study, especially with the «new» reconnaissance of the multiple soil functions in the environment. Up to the present moment there are no standard methods of soil quality evaluation, as it is defined taking into account only the soil and not the whole complex of «land» elements as did previous evaluating systems. In this respect, Principal Component Analysis emerged as the main method of reaching a minimum data set, in order to create indices of soil quality.

Keywords: soil quality index, parameter selection, minimum data set, principal component analysis.

I. Василініук¹, К. В. Патриче²¹ Університет ім. О. І. Куза, Румунія² Румунська академія, Румунія**ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ПОКАЗНИКА ЯКОСТІ ҐРУНТУ**

Протягом останніх десятиріч, оцінка якості ґрунту стала дуже важливою областю дослідження, особливо з «новою» рекогносцировкою різних функцій ґрунту в навколишньому середовищі. В теперішній час відсутні стандартні методи оцінки якості ґрунту, оскільки вона визначається з врахуванням тільки одного ґрунту, а не всього комплексу елементів «землі», як це було в попередніх оціночних системах. В цьому відношенні аналіз головних компонентів є основним методом досягнення мінімального набору даних для створення показників якості ґрунту.

Ключові слова: показник якості ґрунту, вибір параметрів, мінімальний ряд даних, аналіз головних компонентів.

И. Василиниук¹, К. В. Патриче²¹ Университет им. А. И. Куза, Румыния² Румынская академия, Румыния**ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ПОЧВЫ**

В течение последних десятилетий, оценка качества почвы стала очень важной областью исследования, особенно с «новой» рекогносцировкой различных функций почвы в окружающей среде. В настоящее время отсутствуют стандартные методы оценки качества почвы, так как она определяется с учетом только одной почвы, а не всего комплекса элементов «земли», как это было в предыдущих оценочных системах. В этом отношении анализ главных компонентов явился основным методом достижения минимального набора данных для создания показателей качества почвы.

Ключевые слова: показатель качества почвы, выбор параметров, минимальный набор данных, анализ главных компонентов.

Soil quality and its protection are some of the main contemporaneous preoccupations, rivaled only by climatic changes and their impact or by biodiversity protection. In the last decades, more and more studies accentuate the need of solving problems such as alimentary security and the corresponding quality of environmental components. In this context evolved the discussions regarding soil quality. As Cârstea (2001) remarks, these preoccupations have their roots in the harmful effects of increased soil resources' exploitation.

Soil quality evaluation is necessary for monitoring the long term effects of the agricultural practice on soil; appreciating the economic impact of the politics that desire to improve soil quality; appreciating the politics that address the factors that affect soil quality. One of the objectives of soil quality evaluation is the prognosis of its susceptibility to different risk phenomena, so as to support the specific functions regarding its quality.

MATERIALS AND METHODS

In order to exemplify the application of Principal Component Analysis in the reduction of the number of parameters used in soil quality evaluation, we have chosen the basin of Horoiata from Tutova Hills. The soil database included over 130 profiles. The number of parameters we arrived at in the end, after using and pedotransfer functions for determining some properties not analyzed in the field or laboratory, was of 33.

Parameter selection – the minimum data set

The appreciations regarding soil degradation, as well as the necessity of remedies, imply the use of soil quality indicators. Their use depends mainly on the potential of the respective indicator to assure correct and useful information. After collecting the data, usually occurs the dilemma of how many and what parameters should be included in the evaluation.

The selection criteria for soil quality indicators need to include a series of aspects (sensitivity, significance, measurement efficiency, scientific validity). Although there were some attempts to integrate these criteria in a unique formula, up to the present date we do not have a systematic procedure that would assure an objective selection of the parameters to be used in soil quality evaluation.

The necessities of the indicator selection process are according to Breckenridge et al. (2000) the following: applicability and interpretability in different regions; correlation with changes in ecosystem processes, spatial and temporal variability, ability to be quantified through a synoptic or automatic monitoring, the costs of equipment and analytical data; the quantity and quality of data; sensitivity to changes; warning potential; the state of the method (standardized or experimental); costs.

Doran and Zeiss (2000) have established as selection criteria of the indicators the following: sensitivity to variations in utilization; correlation with soil functions; use in elucidating ecosystem processes; utility for farmers; easiness to use and the costs of indicators' analysis.

The use of quality indicators depends mainly on the capacity or ability of the indicator to assure a certain and useful information. The utility differs from situation to situation according to a series of aspects that characterize the complexity of the respective case. This gives the so called acceptance degree or the potential of the respective indicator for a certain purpose. Cameron et al. (1996) have proposed an equation of the: **A = X(SUMIR)** type, in which the acceptance degree of the respective indicator (A) represents the sum of some characteristics or parameters which receive a score from 1 to 5. This sum is made of the sensitivity of the indicator to the respective process (S), the usefulness in understanding the value significance (U), measurements efficiency (M), the predictable influence of the property on soil, plant and animal health and on productivity (I), the relation with ecosystem processes implied in environmental quality and sustainability (R). To each equation parameter is given a score (1-5) on the basis of the evaluator's knowledge and experience. The sum of individual scores gives the acceptance level A, which may be compared to that of other potential indicators. For example bulk density may receive a SUMIR = 44532, giving a value of 18 from the maximum of 25 (72%), while particle size may receive 13222, meaning 10/25.

Another problem is that some indicators do not take into consideration simultaneously and objectively both the positive and negative potential of the factors implied. Typically are recognized only the positive or negative factors.

The first step in developing a soil quality model is the qualitative description of a good quality soil's attributes. If the soil function is for example to promote soil productivity, the soil should be allowed a easy rooting, to accept, retain and regulate water and air circulation; to stock, offer and recycle nutrients, to facilitate biological activity.

The second step is to replace quantitative measurements for the qualitative attributes of the soil and their combination into a model that would assure a soil quality index.

In this way occurred the notion of the **minimum data set (MDS)** – a set of measurements considered basin in soil evaluation. The realization of the minimum data set is an absolutely necessary instrument in the evaluation of soil quality. This minimum data

set should include physical, chemical and biological properties that allow soil quality evaluation.

In 1994, Larson and Pierce have described (but not applied) the use of mathematic functions that involved minimum data sets and pedotransfer functions. Doran and Jones (1996) have proposed for the MDS's physical, chemical and biological indicators 4 parameters each, while Gomez et al. (1996) defined 6 indicators. Govaers et al. (2006) have tried to establish an MDS for a corn and maize crop system. There are many such studies that defined according to the specific of the study area a smaller or larger number of indicators. Even if there are papers that present 20 or even more indicators, it is suggested that such studies are research ones and not practical monitoring programs. A simple set of well established properties may offer much useful information, with higher chances of being accepted. Andrews et al. (2002) consider that a smaller number of indicators carefully chosen may offer adequate information for qualitative evaluations.

A relatively recent approach, yet more and more frequently used in establishing the MDS is the principal component analysis (PCA). PCA and factorial analysis are mainly used to identify groups of related variables that define the so-called latent dimensions (principal components or factors) of a complex of variables. The methods may be used to reduce the number of studied variables. PCA is a way of identifying trends in the data, and to express the data in such a way so as to underline associations and differentiations. The advantage is that once discovered these patterns, the data set may be compressed by reducing the number of dimensions without losing too much information. PCA was named one of the most remarkable results of applied linear algebra, being used in a multitude of domains. It is a simple method, which with reduced efforts assures a way of reducing a complex data set to a smaller dimension, so as to show the simplified, hidden dimension of that set (Dodge, 2008).

Combining indicators in quantitative descriptions of soil quality

Indices are decisional tools used to make complex information more accessible. The soil quality index is created to help farmers in determining soil health tendencies as a result of management practices, and thus to see if there is a need in changing these practices. Though, indices may be used to compare different agricultural practices (Andrews et al., 2003).

These indices begin by specifying soil functions, then the processes important for each function, and then one or several strata of soil characteristics, which are indicators for processes. The advantages of such a hierarchic structure are that it approaches the multiple functions of the soil, and the fact that a single characterization may have a different importance for each function. The same measurements may get a different significance in interpretation when each aspect of soil quality is computed. For example, a coarse texture has a positive effect on water infiltration, but not on its retention.

Soil quality indicators and indices should be selected according to soil functions we are interested in. These purposes may frequently be individual, being mainly focused on the farm scale, but can also be social, including larger environmental effects (soil erosion, water and air pollution etc). Once the managerial purposes have been identified, indexing soil quality implies three steps: choosing the appropriate indicators in a MDS, transforming the indicator values and combining them in an index (Andrews et al. 2005).

Andrews et al. (2004) describe the steps involved in the creation of an index. After selecting and measuring the indicators in the MDS, the second step (indicator interpretation) implies transforming each indicator value using non-linear functions. The measured values are transformed into values from 0 to 1, so that the scores might be combined to form a single value. Each scoring function is made up of an algorithm or logical affirmation. Each indicator measurement is transformed into a non-unitary value (0-1) that represents the level associated to the function in the system. A score of 1 represents the higher function possible for that system, meaning that the indicator does not limit soil functions and processes.

The third step implies the integration in an index that would be the final evaluation of soil quality. Andrews et al. (2002) have discovered small differences between additive,

weighted and max-min methods in the case that we use indicator values calibrated non-linearly. Thus they have chosen the simplest method – the additive one – summing the scores of each indicator, dividing to the number of indicators and then multiplying by 10.

Karlen and Stott (1994) have also used Standard Scoring Functions to define the relations between soil indicators and its functions. Thus they separated four function types: SSF1 – if the value of the indicator increases, the function increases; SSF2 – there is an optimum interval outside of which the function decreases; SSF3 – indicator decreases, the function increases; SSF4 – the function is optimum with the exception of a certain interval of indicator values).

In what regards examples of indices, Andrews et al. (2002) for example defined a weighted additive index of soil quality:

$$SQI = \sum_{i=1}^n W_i \times S_i, \text{ where } W_i \text{ is the weighting factor of the principal component, and}$$

S_i is the score of the indicator (0 to 1). The MDS in this case included organic matter, electroconductivity, soil reaction, bulk density and aggregate stability. In this case,

$$SQI = \sum_{i=1}^n 0,61 \times S_{SOM} + 0,61 \times S_{ECI} + 0,16 \times S_{pHi} + 0,16 \times S_{WSA} \times S_{ZNi} + 0,09 \times S_{BDi}$$

S being the score for the respective variable and the (i) coefficients the weighting factors resulted from PCA.

The domain literature accentuates the need of indexing the diversity of soil functions, yet all the indices are narrow, taking into account only the factors related to crop growth and productivity. Even with reference to productivity, quality is indefinable in the case of systems so complex such as soils.

Sojka and Upchurch (1999) and Letey et al. (2003) affirm that probably soil quality cannot be at the moment evaluated, but only estimated. They suggest that evaluation shouldn't be based on a specific determination of a single intended use, but should be based on very dynamic properties.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Soil parameters are in a very large number. More, the present systems of soil quality evaluation from our country are in fact terrain / land evaluation systems that take into account besides the intrinsic soil parameters also terrain or climatic parameters, external to our object of study. Although performing, these systems also imply quite complicated calculations.

Following the approach *indicators – selecting an MDS – combining indicators in a final index*, we had to initially find a method of reducing the number of indicators, more exactly to select the most important. For this we used the PCA method recommended by several authors (Andrews et al. 2002, 2003, 2005; Brejda and Moormans, 2001; Chen, 1999; Govaerts et al., 2006; Gregorich et al., 1994; Guilin et al., 2007; Hussain et al., 1999; Karlen and Stott, 1994; Murage et al., 2000; Wander et al., 2002).

The main applications of the factorial techniques are the reduction of the variables number and detecting the structure of the relations between them. Thus, if we have a strong correlation between two variables, we may conclude that they are redundant. If we represent the correlation between the two variables in a graphic, we may draw a regression line that will represent the linear relation between them. If we may define a variable that would approximate the regression line, then it would capture the essence of the first two variables. The scores of the variables linked to the new factor, represented by the regression line, may be used later to represent the essence of the new variable. In a way we have reduced the two variables to a single factor – the linear combination of the two variables. If we extend this example to multiple variables, the computations will be more difficult, but the basic principle remains the same (Statistica manual).

Simpler, the extraction of the principal components is reduced to a maximization rotation of the original space of the variable. For example, in a graphic we may think at the regression line as being the original X axis, rotated in such a way so as to approximate the

regression line. This type of rotation is named variance maximization, because the criterion is to maximize the variance of the new factor, minimizing the variance around him.

When we have more than two variables, they define a space exactly as two define a plane. Thus, we realize a three-dimensional graphic and may draw a plane between the data. With more than three variables it becomes impossible to graphically illustrate the method, yet the logic of the variance maximization rotation remains the same.

After we have found the line on which the variance is maximum, a part of the variation remains around this line. In PCA, after the first factor has been extracted, we continue to define another line that would maximize the variability remaining, and so on, extracting consecutive factors. Because each consecutive factor is defined to maximize the variability not captured by the previous one, they are independent one from another (table 1). As we extract consecutive factors, they explain less and less variation. The decision to stop extracting factors depends on the place where very small variability remains.

Table 1

The variance explained by the first two 12 factors extracted by PCA

	Eigenvalues	Total variance	Cumulative eigenvalues	Cumulative variance
I	16.79	50.88	16.79	50.88
II	6.30	19.11	23.09	69.99
III	2.33	7.07	25.43	77.06
IV	1.57	4.77	27.01	81.84
V	1.49	4.53	28.50	86.38
VI	1.19	3.62	29.70	90.00
VII	0.70	2.13	30.40	92.14
VIII	0.56	1.70	30.97	93.84
IX	0.51	1.55	31.48	95.40
X	0.40	1.23	31.89	96.64
XI	0.31	0.95	32.20	97.60
XII	0.28	0.85	32.49	98.45

We applied PCA to the 33 parameters taken into account. In table 1 we find the variances on the new factors, in the third column being expressed as percentage of the total variance. The variances extracted by the factors are named eigenvalues.

After we measured how much variance is extracted by each factor, we may decide how many to retain. Although the decision is arbitrary, there are some general lines used in practice. The **Kaiser criterion** says that first we retain the factors with eigenvalues higher than 1. In essence, it is as if a factor does not extract at least the equivalent of an original variable, we do not take it into account. This criterion was proposed by (1960) and is probably the most used. The **scree test** is a graphic method proposed by Cattell (1966) (fig. 1). We may represent the eigenvalues on a simple line.

Cattell suggests we should to find the breaking point where the easy decrease of the Eigenvalues tends to become uniform towards the right part of the graphic. At the right of this point we find only factorial debris. According to this criterion, we should retain quite few factors (three) (Rogerson, 2001).

It is possible to know the significance of the factors, to interpret them in an easily understandable manner. If we analyze the correlations between the variables, we will see that some of them are higher and other smaller, situation that reflects the independent factors in the correlation matrix. In this case will be analyzed the correlations between the variables and the new factors, named factor loadings (table 2).

It is visible that the first factor is stronger correlated with the variables than the second. We see that at least in the case of the first factor the number of variables determining it is very large. If we would retain all the 6 factors with eigenvalues larger than 1, we will have to retain almost all the variables taken into analysis.

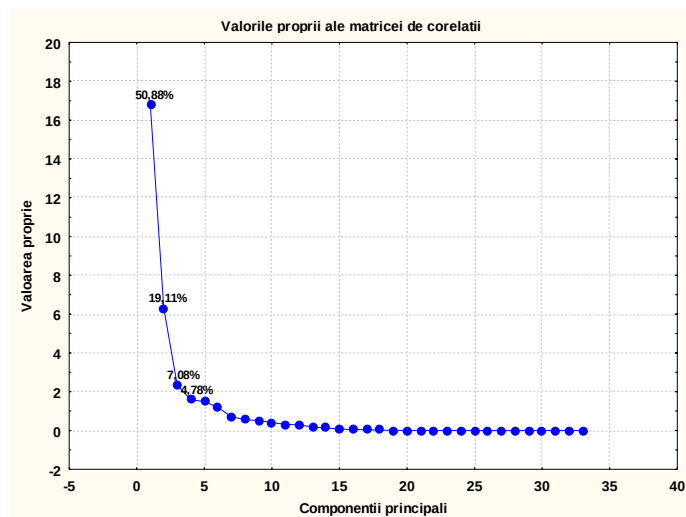


Fig. 1. Eigenvalues of the correlation matrix – the Cattell test

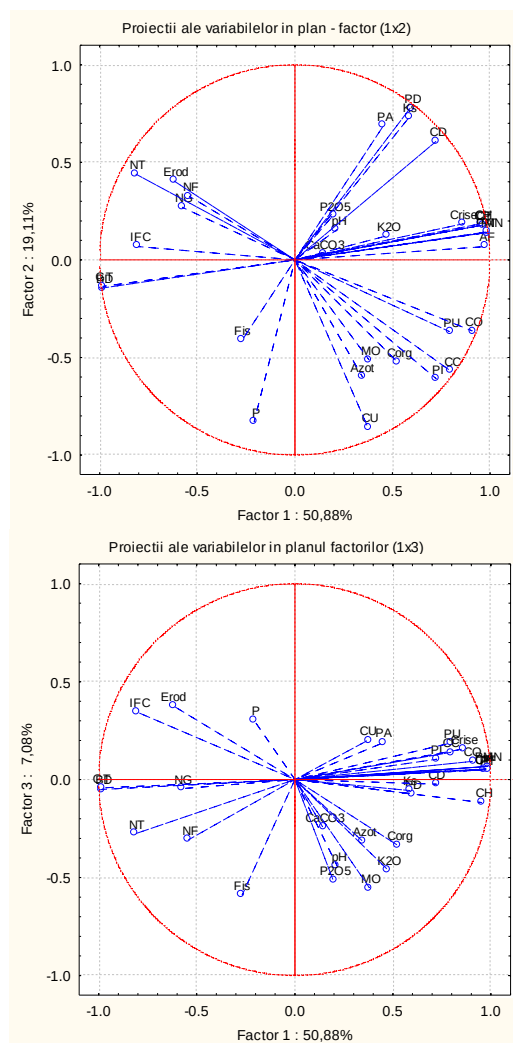


Fig. 2. Plane rotations of factor I in relation to factors II and III

Table 2

Factor loadings						
	I	II	III	IV	V	VI
pH	0.21	0.15	-0.44	-0.08	-0.73	-0.04
CaCO ₃	0.14	0.03	-0.24	-0.27	-0.81	0.02
Total carbon	0.52	-0.52	-0.34	0.31	0.11	0.20
Organic matter	0.38	-0.51	-0.55	0.01	0.17	0.21
Nitrogen	0.35	-0.60	-0.32	0.35	0.03	0.29
P ₂ O ₅	0.19	0.23	-0.51	0.26	0.06	-0.55
K ₂ O	0.47	0.12	-0.46	0.36	-0.13	-0.31
Coarse sand	-0.58	0.27	-0.05	0.61	-0.02	-0.07
Fine sand	-0.54	0.33	-0.31	-0.58	0.17	0.15
Silt	-0.21	-0.83	0.30	0.15	-0.20	-0.09
Clay	0.99	0.14	0.07	-0.04	0.02	-0.02
Fine clay	0.98	0.07	0.06	-0.01	0.02	-0.03
Total sand	-0.81	0.44	-0.28	-0.06	0.12	0.08
Bulk density	-0.99	-0.14	-0.05	0.05	-0.01	0.00
Crust formation index	-0.80	0.07	0.34	0.11	-0.22	0.20
Hygroscopicity coefficient	0.95	0.19	-0.12	0.02	0.10	0.07
Pore cipher	0.96	0.18	0.05	0.07	-0.03	0.15
Drainage porosity	0.59	0.78	-0.07	0.04	0.02	0.13
Available porosity	0.79	-0.37	0.19	0.09	-0.14	0.28
Inactive porosity	0.72	-0.61	0.10	-0.11	0.03	-0.22
Field capacity	0.80	-0.57	0.14	-0.05	-0.03	-0.07
Total water capacity	0.96	0.18	0.05	0.07	-0.03	0.15
Wilting point	0.91	-0.36	0.09	-0.04	0.00	-0.08
Available water	0.37	-0.86	0.20	-0.08	-0.06	-0.03
Drainage capacity	0.72	0.61	-0.02	0.12	-0.02	0.24
Air porosity	0.45	0.69	0.19	0.33	-0.10	0.27
Minimum needed porosity	0.99	0.14	0.07	-0.04	0.02	-0.02
Compaction degree	-0.98	-0.14	-0.04	0.08	-0.02	0.03
Total porosity	0.99	0.14	0.05	-0.05	0.01	0.00
Capillary rise	0.86	0.19	0.16	-0.22	0.00	-0.08
Cracking	-0.27	-0.41	-0.59	-0.14	0.05	0.41
Erodability	-0.62	0.41	0.38	0.22	-0.21	0.14
Hydraulic conductivity	0.59	0.73	-0.06	-0.16	0.13	-0.11

We could represent factor loadings in a graphic, in which each variable would be represented by a point. In this graphic we can rotate the axes in any direction, without modifying the relative location of points one to another. Still, the coordinates of the points (factor loadings) will change. There are several rotation strategies, whose purpose is to obtain a clearer pattern of the loadings, thus making interpretation easier.

Applying a varimax rotation, the pattern becomes clearer (table 3). The first factor is marked by high loadings for some attributes, while the following on others. Only factor IV is not clearer explained by any variable, only coarse sand and erodability contributing to its explanation. If we look at the first two factors, we see that they are explained by factors depending on soil texture, so we decided to renounce factor IV. In conclusion, soil quality in this case may be defined on the basis of the analysis of five factors. If we initially wanted to retain three factors according to Casell principle, after the varimax rotation we will retain 5 of

the initial 6 factors with Eigenvalues higher than 1, that together explain 83% of the variation. The advantage of the varimax rotation is clear in the classification of the factors. Thus the first factor is determined by clay and fine clay content, bulk density, hygroscopicity coefficient, drainage porosity, total water capacity, drainage capacity, air porosity, compaction degree, total porosity, capillary rise and hydraulic conductivity. The second factor is determined by fine and total sand, silt content, inactive porosity, field capacity for water and available water capacity. The third factor is determined by total carbon, organic matter, nitrogen content and cracking susceptibility. The last two factors are determined by soil reaction and carbonates content on one side and phosphorous on the other (fig. 3).

Table 3

Factor loadings after the Varimax rotation

Parameter	I	II	III	IV	V	VI
pH	0.16	-0.05	0.08	-0.03	0.84	0.23
CaCO ₃	0.06	0.04	-0.02	0.07	0.90	-0.03
Total carbon	0.22	0.45	0.73	0.00	-0.05	0.16
Organic matter	0.10	0.19	0.80	0.28	0.02	0.14
Nitrogen	0.04	0.45	0.76	-0.09	-0.01	0.07
P ₂ O ₅	0.13	-0.12	0.03	0.03	0.05	0.83
K ₂ O	0.35	0.10	0.20	-0.10	0.21	0.68
Coarse sand	-0.40	-0.26	-0.13	-0.68	-0.13	0.26
Fine sand	-0.28	-0.80	-0.04	0.33	0.06	-0.21
Silt	-0.58	0.72	0.08	0.00	0.00	-0.18
Clay	0.92	0.32	0.06	0.18	0.05	0.12
Fine clay	0.87	0.37	0.10	0.18	0.03	0.14
Total sand	-0.49	-0.82	-0.11	-0.18	-0.04	0.01
Bulk density	-0.92	-0.31	-0.07	-0.19	-0.06	-0.11
Crust formation index	-0.61	-0.19	-0.31	-0.44	0.02	-0.40
Hygroscopicity coefficient	0.92	0.18	0.22	0.14	0.02	0.19
Pore cipher	0.94	0.28	0.14	0.02	0.08	0.05
Drainage porosity	0.89	-0.35	-0.12	-0.17	0.08	0.14
Available porosity	0.56	0.65	0.33	0.03	0.10	-0.21
Inactive porosity	0.31	0.78	0.21	0.47	-0.02	0.10
Field capacity	0.42	0.79	0.26	0.35	0.02	0.00
Total water capacity	0.94	0.28	0.14	0.02	0.08	0.05
Wilting point	0.60	0.67	0.22	0.32	0.02	0.08
Available water	-0.07	0.83	0.29	0.34	-0.01	-0.17
Drainage capacity	0.94	-0.15	0.01	-0.21	0.09	0.07
Air porosity	0.76	-0.16	-0.17	-0.52	0.04	-0.02
Minimum needed porosity	0.92	0.32	0.06	0.18	0.05	0.12
Compaction degree	-0.91	-0.31	-0.06	-0.22	-0.06	-0.13
Total porosity	0.92	0.31	0.07	0.19	0.06	0.11
Capillary rise	0.83	0.25	-0.11	0.30	0.07	0.04
Cracking	-0.39	-0.21	0.72	0.16	0.15	-0.13
Erodability	-0.31	-0.30	-0.47	-0.57	0.01	-0.27
Hydraulic conductivity	0.83	-0.34	-0.25	0.12	0.01	0.24
Eigenvalue	13.80	6.52	3.26	2.49	1.67	1.96
Explained variance	0.42	0.20	0.10	0.08	0.05	0.06

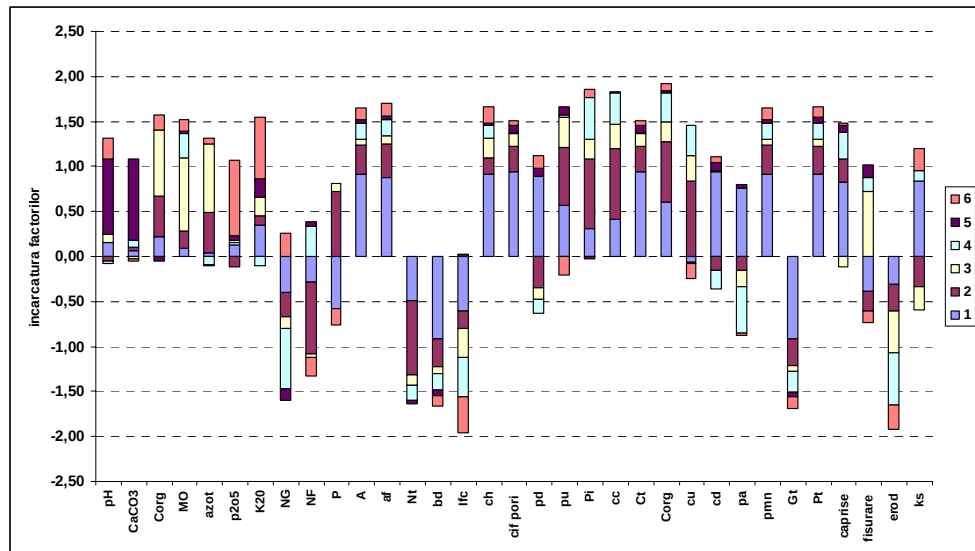


Fig. 3. The participation of the attributes to the loadings of the 6 extracted factors (sum of variable saturation)

Still, if we want to retain the 5 factors resulted from the analysis, we should retain a large number of indicators. Another method used by some authors (Andrews et al., 2002) is of taking into account the correlations between the indicators that condition the same factor. The logic is simple in our case, some of the indicators being obtained from pedotransfer functions. Thus we chose to retain for each principal component only one parameter, eliminating the strongly correlated ones.

The five factors are easily definable. The first factor depends mainly on the fine fraction of grain-size, the second on the medium-coarse fraction (silt-sand). The third factor is clearly conditioned by the organic carbon content, and the fourth is given by soil reaction. In the case of the last factor, it is totally determined by phosphorous content. We may affirm that the five components extracted by the factors are in fact the components of soil quality.

Proceeding at the analysis of the residual correlation matrix and of the correlation graphics, we selected one representative attribute for each factor: the clay content, fine sand content, organic carbon, soil reaction and mobile phosphorous content.

The second method used in trying to select parameters for the MDS was that of Cameron, the simplest, empiric and somehow subjective. As it can be seen from the below table, most of the properties considered being representative for an MDS are of chemical nature. This aspect is due to the fact that chemical properties are more easily affected by different interventions on soil, thus having the capacity of reflecting changes in its quality (table 4).

Table 4

Scores received by soil parameters analyzed through Cameron method

Parameter	S	U	M	I	R	SUMIR
1	2	3	4	5	6	7
Organic matter	5	5	5	5	5	25
Total nitrogen	5	5	5	5	5	25
Organic carbon	5	5	5	5	5	25
Soil pH	5	5	5	5	4	24
Potassium	4	5	5	5	4	23
Base content	4	4	5	5	4	22
Bulk density	4	5	5	5	3	22

Continuation of table 4

1	2	3	4	5	6	7
Phosphorous	4	4	5	5	4	22
Capacity of cationic exchange	4	4	5	5	3	21
Microorganisms	5	5	3	4	4	21
Soluble salts' content	3	4	5	4	4	20
Wilting point	4	4	4	4	4	20
Sodium	3	4	5	4	4	20
Depth of A horizon	2	4	5	4	4	19
Clay	2	5	5	4	3	19
Electroconductivity	3	4	5	3	3	18
Erodability	3	4	3	4	4	18
Exchangeable H (SH)	2	4	5	4	3	18
Fine sand	2	5	5	3	3	18
Fine clay	2	3	5	4	3	17
Available water capacity	3	4	3	4	3	17
Hydraulic conductivity	3	3	4	4	3	17
Useful porosity	3	4	3	4	3	17
Soil structure	3	4	4	3	3	17
Sulphates	2	3	5	4	3	17
Calcium	2	3	5	3	3	16
Compaction	3	2	5	3	3	16
Silt	2	3	5	3	3	16
Field capacity	2	4	3	3	3	15
Total water capacity	2	3	3	4	3	15
Carbonate content	2	2	5	3	3	15
Coarse sand	2	2	5	3	3	15
Water retention capacity	2	3	3	3	3	14
Air porosity	3	3	2	3	3	14
Magnesium	1	2	5	2	3	13
Manganese	1	2	5	2	3	13
Drainage porosity	3	2	2	2	3	12

Another interesting aspect in what regards this method is that it indicates with high scores at least three of the parameters selected by the PCA: organic carbon, reaction and phosphorous. Due to the fact that they enter physical properties, clay and silt contents, selected by the PCA, have lower scores, first of all due to the lack of sensibility to change. In any case, the application of Cameron's method confirms the results of the principal component analysis.

CONCLUSIONS

In conclusion, PCA is a very good method for reducing datasets including many parameters, when often some of them are redundant or closely correlated (and thus can be excluded from the analysis), and so it can be used to obtain the minimum data set needed in soil quality evaluation. More, the method brings in the light the "hidden" and sometimes not known relations between the data, easing the interpretation of the results.

REFERENCES

- Andrews S. Susan, Mitchell P. Jeffrey, Mancinelli Roberta, Karlen L. Douglas, Hartz K. Timothy, Horwath R. William, Pettygrave G. Stuart, Saw M. Kate, Muck S. Daniel** (2002) – On farm assessment of soil quality in California's Central Valley; *Agronomy Journal*, 94, 12-33.
- Andrews S.S., Flora C.B., Mitchell J.P., Karlen D.L.** (2003) – Growers' perceptions and acceptance of soil quality indices; *Geoderma*, 114, pp. 187-213.
- Andrews S.S., Karlen D.L., Cambardella C.A.** (2004) – The soil management assessment framework: A quantitative soil quality evaluation method; *Soil Science Society of America Journal* 68:1945-1962.
- Andrews S.S., Karlen D.L., Mitchell J.P.** (2005) – A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California; *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 90, pp. 25-45.
- Brejda J. John, Moorman B. Thomas** (2001) – Identification and interpretation of regional soil quality factors for the Central High Plains of the Midwestern USA; pp. 535-540 in D. E. Stott, R. H. Mohtar, G. C. Steinhardt (eds.) – *Sustaining the global farm, selected papers from the 10th Int. Soil Conservation Organization*.
- Cameron K.C., Comforth I.S., McLaren R.G., Beare M.H., Basher L.R., Metherell A.K., Kerr L.E.** (1996) – Soil Quality Indicators for Sustainable Agriculture in New Zealand; Lincoln Soil Quality Research Centre, Lincoln University, New Zealand.
- Cârstea S.** (2001) – Calitatea solului – expresie a multiplelor lui funcții; protecția și ameliorarea ei – cerință imperativă; *Lucrările celei de-a XVI-a conferințe naționale pentru știința solului, publicațiile SNRSS*, vol. 30C, București.
- Chen Z.S.** (1999) – Selecting indicators to evaluate soil quality; *Exten. Bull.* 473. Dept. of Agric. Chern. Nat. Taiwan Univ.
- Dodge Yadolah** (2008) – *The Concise Encyclopedia of Statistics*, Springer, 616 p.
- Doran W. John, Zeiss R. Michael** (2000) – Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality; *Applied Soil Ecology*, 15, pp. 3-11.
- Gomez A.A., Swete Kelly, Syers J.K., Coughlan K.J.** (1996) – Measuring sustainability of agricultural systems at the farm level; In: *Methods for Assessing Soil Quality. SSSA Special Publication No. 49*.
- Govaerts Bram, Sayre Ken, Deckers Jozef** (2006) – A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico; *Soil and Tillage Research*, 87, pp. 163-174.
- Gregorich E.G., Carter M.R., Angers D.A., Monreal C.M., Ellert B.H.** (1994) – Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils; *Can. J. Soil Sci.* 74, pp. 367-385.
- Guilin Li, Jie Chen, Zhyng Sun, Manzhi Tan** (2007) – Establishing a minimum dataset for soil quality assessment based on soil properties and land-use changes; *Acta Ecologica Sinica*, 27(7), 2715-2724.
- Karlen D.L., Stott D.E.** (1994) – A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality; In: J.W. Doran et al. (eds.) *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*; Soil Science Society of America, Madison, WI, Special Publication 35, pp. 53-72.
- Larson W.E., Pierce F.J.** (1994) – The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management; In: J.W. Doran et al. (eds.) *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*; Soil Science Society of America, Madison, WI, Special Publication 35, pp. 37-51.
- Letey J., Sojka R. E., Upchurch D. R., Cassel D. K., Olson K. R., Payne W. A., Petrie S. E., Price G. H., Reginato R. J., Scott H. D., Smethurst P. J., Triplett G. B.** (2003) – Deficiencies in the soil quality concept and its application; *Journal of Soil and Water Conservation* 58, no. 4 (Jul-Aug).
- Sojka R.E., Upchurch D. R.** (1999) – Reservations regarding the soil quality concept; *SSSA Journal*, vol. 63, no. 5, pp. 1039-1054.

Надійшла до редколегії 11.05.11

АГРОЕКОЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЧНЕ ҐРУНТОЗНАВСТВО

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України

Агроекологія є достатньо складною в своїй проблематиці та диференційованості. Екологічне ґрунтознавство окреслює факторіальні та ценотичні впливи на ґрунт і його біоту. Видоспецифічна родючість ґрунту є такою, що відповідає специфічним потребам певного виду культурних рослин.

Ключові слова: агроекологія, ґрунтознавство, родючість, ґрунт, біота, специфіка.

Л. В. Шанда

Інститут биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН Украины

АГРОЭКОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПОЧВОВЕДЕНИЕ

Агроэкология является достаточно сложной в своей проблематике и дифференцированности. Экологическое почвоведение захватывает факториальные и ценотические влияния на почву и ее биоту. Видоспецифическое плодородие соответствует специфическим потребностям определенного вида культурных растений.

Ключевые слова: агроэкология, почвоведение, плодородие, почва, биота, специфика.

L. V. Shanda

Institute of Bioenergy Crops and Sugarbeet of NAAS of Ukraine

AGROECOLOGY AND ENVIRONMENTAL SOIL SCIENCE

Agro-Ecology as Science is rather complicated in its problems. Environmental soil science captures factorial cenotic impacts on soil and its biota. Species-specific fertility corresponds to the specific needs of a certain kind of cultivated plants.

Key words: agro-ecology, soil science, soil fertility, biota, specificity.

Агроекологія є розділом загальної екології, який відзначається своїми багатозначністю та тлумаченнями. В широкому розумінні агроекологія окреслює явища та процеси, в які залучені організми різних царств живої природи та їхні угруповання, що формуються на постійно або періодично оброблюваних землях і в спорудах, в яких людина культивує рослини.

Більш вузько агроекологія визначається по-різному: 1) теорія та практика аут- і синекології культурних рослин, спрямована на таку оптимізацію умов їхнього вирощування, що забезпечує максимальну реалізацію їхнього генетичного потенціалу росту, розвитку, продуктивності, адаптивності, встановлення зв'язків між собою, з організмами різних царств живої природи та проявів максимально можливої родючості ґрунтів у певних умовах; 2) екологія культурних рослин і угруповань, які формуються ними разом з іншими видами; 3) відповідно етимологічному змісту (агро-поле, логос-наука) агроекологію можна пояснювати як науку про поля, де культивуються рослини і таким чином вона захоплює теорію ґрунтознавства, землеробства, рослинництва. Агроекологія є теоретичною та експериментальною основою землеробства та рослинництва в усіх їхніх складових і напрямках, вона лежить в обґрунтуванні адаптивної діяльності людини в агроландшафтах, пов'язана з ґрунтознавством в усіх його розділах: аналітичному (в якому зосереджена увага на якісних характеристиках ґрунтів); екологічному (відповідно окресленню екологічних явищ і процесів у ґрунтах); експериментальному (де створюються відповідні умови для з'ясування суті і явищ процесів у ґрунтах); еволюційному (в якому з'ясується стан ґрунтів в історичному часі) і на агроґрунтознавстві тощо.

Агроекологія може бути логічно-диференційованою на такі крупні відгілки:

I. Теоретичну та математичну, сферу якої складають теорія, методологія, математичне моделювання екологічних явищ і процесів, які характеризують культурні рослини та їхні угруповання з організмами інших царств живої природи та ґрунти.

II. Загальну агроекологію, що окреслює загальні закономірності агроекологічних явищ і процесів на фоні різних рівнів організованості, різних факторів, просторово-часових масштабів і підходів з виділенням: 1) факторіальної (з дробними характеристиками абіотичних, біотичних, біокосних факторів); 2) аут- і синекології організмів, які складають угруповання; 3) динамічної; 4) популяційної; 5) агробіогеоценології; 6) ландшафтної агроекології тощо. В загальній агроекології цілком доцільно, відповідно такій логіці, можна виділити агрофізику, агрохімію, агрокліматологію, агрогідрологію.

III. Спеціальну або часткову агроекологію, що включає таксономічні підходи відповідно царств живої природи, окремих таксономічних груп або таксонів, з виділенням агроекології вірусів і, зокрема, агроекології вірусів мозаїк, агроекології бактерій, включаючи агроекологію окремих видів нітрогенфіксаторів, агроекологію грибів, в тому числі мікориз, сажкових тощо; агроекологію бур'янів загалом і окремих видів; агроекологію культурних рослин, як наприклад загальну та зональну агроекологію пшениць, картоплі, цукрових буряків, соняшнику, ріпаку тощо; агроентомологію, агроекологію дощових червей, агроекологію землеріїв і т.д.

Теоретичними проблемами агроекології є:

1. Системна організованість посівів і насаджень культурних рослин і її використання для підвищення ефективності землеробства та рослинництва.

2. Умови реалізації генетичного потенціалу продуктивності, стійкості та якості продукції культурних рослин.

3. Шляхи нейтралізації та компенсації негативних впливів дикої біоти в агробіогеоценозах.

4. Напрями підвищення біорізноманіття агробіогеоценозів для забезпечення їхньої стійкості та оптимізації стану культурних рослин.

5. Управління продукційними процесами в агробіогеоценозах на користь людини.

Об'єктами агроекології можуть бути абіотичні, біотичні, біокосні умови (як ґрунт), приземна атмосфера та окремі популяції, види, їхні групи, угруповання, що формуються людиною в процесі землеробської та рослинницької практики виробництва рослинницької продукції, підтримання родючості ґрунтів. Культурні рослини разом з іншими рослинними видами, насамперед з бур'яновими, які є едифікаторами, (за участю водоростей, мохів, яка мало враховується) формують агрофітоценози, яким, в різній мірі, властиві аналітичні та синтетичні ознаки природних фітоценозів. Агрофітоценоз є відчленованою, від таких подібних, сукупністю культурних рослин, невід'ємною від бур'янової флори в далекій ретроспективі, сучасний період та в осяжному майбутньому. В межах цієї сукупності проявляються взаємозв'язки всіх рослинних видів між собою та з оточуючим середовищем, формується своє специфічне середовище. Як відчленовані сукупності взаємодіючих елементів (Аверьянов, 1986), агрофітоценози є своєрідними системами, які регулює людина в міру оптимізації стану культурних рослин і розуміння в кожний даний момент (як в минулому так і в сучасному) суті агрофітоценозотичних процесів. Агрофітоценози приурочені до певних більш менш однорідних за умовами ділянок оброблюваних людиною земель (агрокотопів), для яких характерними є одна нероз'ємна рельєфна відмінність, однорідні ґрунтові, гідрологічні та кліматичні умови, просторова орієнтація, подібність меж і комплекс землеробських заходів. Агрофітоценоз не завжди можна ототожнювати з сільськогосподарським полем (як думав А. М. Гродзинский, 1979), тому що поле є одиницею землеустрою, а не екотопічної диференційованості земель.

Подібним чином не можна агрофітоценоз відносити до сівозміни (Миркин, 1973), тому що поля сивозмін можуть бути екотопічно нерівноцінними, розчленованими культурбіогеоценозами (лісосмуги, лісові масиви), просторово віддаленими, по різному територіально розміщеними.

Агрофітоценоз, як такий, його агроекотоп і всі організми різних царств живої природи, що пов'язані з ними багатоманітними зв'язками (трофічними, топічними, біохімічними тощо) утворюють агробіогеоценоз. При цьому весь комплекс живих організмів є агробіогеоценозом з певною диференційованістю за таксономічними

групами. Агроєкотоп, відповідно біогеоценологічним уявленням В. М. Сукачова (1973) можна відповідно розділити на агрокліматоп, агроаеротоп, який характеризує особливості приземної атмосфери та агроєдафотоп, як ґрунт з його гідрологічними умовами та зв'язком з підстилаючою материнською породою. О. Л. Бельґард (1956) поняття єдафотоп у методологічних, типологічних цілях звужував до трофотопу, акцентуючи родючість ґрунту. Ми (Шанда, 2006) поняттям трофотоп визначали всю трофічну систему біогеоценозу, включаючи пасовищні та детритні трофічні сіті, але для агробіогеоценозу поняття трофотоп, з його такою визначальною ознакою родючості, є цілком сприйнятливою. Разом з тим, нами розглядалися аеротоп і єдафотоп як особливі біокосні тіла, що є підсистемами трофотопу. Їм властиві неоднакові якісні та кількісні характеристики трофічних ресурсів, річна нестабільність та циклічність, синхронність, асинхронність трофічних явищ і процесів. Їхня динаміка має різні вирази. Такі природні особливості притаманні також агроаеротопу та агроєдафотопу на фоні регулярної діяльності людини, що впливає на багато явищ і процесів у цих підсистемах, визначаючи їхній стан.

Агроаеротоп, так як його природний аналог аеротоп, є невичерпним резервуаром сонячної енергії, нітрогену, кисню, діоксиду вуглецю. У ньому забезпечуються накопичення, трансформація і міграція сонячної енергії у вигляді речовин в трофічних ланцюгах і сітках, біогенна міграція хімічних елементів, газові біогеохімічні цикли при регуляції людиною вологісного, температурного, газового режимів по мірі потреб оптимізації стану культурних рослин. Подібним чином, агроєдафотоп відзначається тим, що є зосередженням органічної речовини, енергії, елементів живлення; виконує різні функції, забезпечує постійний тимчасовий або періодичний життєвий простір тваринним організмам (або їхнім онтогенетичним формам) і підземним частинам рослин. Агроєдафотоп є динамічною системою, в якій явища і процеси збіднення та збагачення його реурсів постійно змінюються на фоні абіотичних і біотичних умов, участі в циклах вуглецю, кисню, нітрогену та інших біофільних і небіофільних елементів при реалізації заходів землеробства та рослинництва.

Агроєдафотоп виконує сорбуючі, очисні, сигнальні функції, може стимулювати або гальмувати життєві процеси організмів, регулювати склад і будову агробіогеоценозів, зв'язки організмів, запускати механізми сукцесій. Він, в основному, є середовищем детритних трофічних ланцюгів і сіток, його трофності належить визначальна роль в існуванні, продуктивності, розвитку агробіогеоценозу. Трофність агроєдафотопу оцінюється як родючість. Вона достатньо однозначно пояснюється різними авторами: 1) здатність ґрунту, як природного тіла, одночасно задовольняти потреби рослин у воді та їжі (Вільямс, 1949); 2) здатність ґрунтів задовольняти потреби рослин у елементах живлення, воді, забезпечувати їхні кореневі системи достатньою кількістю повітря, тепла і сприятливим фізико-хімічним середовищем для нормального росту та розвитку (Кауричев, 1989); 3) здатність ґрунту, як компоненту біосфери, забезпечувати необхідні умови життєдіяльності рослин, загалом фактори та умови, що визначають поживний, водно-повітряний, температурний, окисно-відновний та інші режими (Муха, 2004); 4) багатофункціональна система, інтегруючий системний показник ґрунтових процесів і властивостей із закладеним результатом довгострокового періоду ґрунтоутворення (Купчик, 2002); 5) поліпараметричний показник, який включає в себе як кількісні, так і якісні характеристики, що відтворюють особливості функціонування конкретного ґрунту, його внутрішню структуру та зовнішні зв'язки (Купчик, 2004); 6) здатність ґрунту задовольняти потреби в системах живлення, воді, забезпечувати їх достатньою кількістю повітря, тепла (Панас, 2009).

Серед форм родючості відзначають: 1) природну, властиву незайманим цілиним землям; 2) штучну, обумовлену обробітком, внесенням добрив, меліоративними заходами; 3) економічну або ефективну, що реалізується від ефективного використання ґрунту; 4) потенційну, що характеризує загальні запаси елементів живлення (Вільямс, 1949; Розов, 1989); 5) природно-економічну (природно-антропогенну), що відзначає категорію штучного, 6) дійсну чи ефективну,

економічну (Муха, 2004); 7) нормативну, що визначає середній багаторічний рівень урожайності на конкретному ґрунті (Муха, 2004); 8) агрономічну, залежну від агрокомплексів (Муха, 2004).

Р. М. Панас (2009) виділяє: 1) природну або потенційну родючість; 2) ефективну, штучну або культурну; 3) економічну, розуміючи їх так само як інші автори. З позицій агроекології, зокрема специфічності агробіогеоценотичної структурованості оброблюваних людиною земель (у тому числі орних), ми вважаємо доцільним виділяти видоспецифічну родючість ґрунту, тобто таку, яка відповідає видоспецифічним потребам того чи іншого виду культурної рослини, що пов'язана з певним балансом мікро- та макроелементів у ґрунті. А. М. Гродзинський (1979) писав, що слід розрізняти, яке поле підходить для вирощування тієї чи іншої сільськогосподарської культури, що визначається цілим комплексом ознак і властивостей.

На наш погляд видоспецифічна родючість ґрунту має забезпечуватися як пошуками, так і створенням оптимальних варіантів агрохімічного складу, загалом трофності ґрунтів для конкретних видів культурних рослин, разом з іншими землеробськими та рослинницькими заходами. Це визначає зміст конструктивної, адаптивної агрохімії та пояснюється з позицій екологічного ґрунтознавства.

Для кожного виду культурних рослин мають бути побудовані убуючі ряди (спектри) хімічних макро-, мезо-, мікро-, ультрамікроелементів і біологічно активних речовин, які відповідають природі цього виду та його потребам у різні періоди вегетації.

Видоспецифічна родючість ґрунтів теоретично має бути максимальною для конкретної культури. Вона має забезпечуватися загалом заходами адаптивного землеробства, що спрямоване на управління екологічними процесами в ґрунтах і в підґрунтах, в агробіогеоценозах для реалізації їхнього потенціалу, забезпечення потоків енергії в ґрунтах і в агробіогеоценозах у напрямку, відповідному потребам того чи іншого виду культурних рослин. В. І. Бахнов, Г. П. Гамзиков (1980) розглядаючи ґрунт як складну систему, яка складається з твердої, рідинної, газової та живої фаз відмічають, що родючість є емерджентною властивістю, яку набуває система внаслідок її функціонування та яка не властива ні одному з її компонентів.

Управління екологічною багатофункціональністю ґрунтів, загальною та специфічною родючістю визначають теоретичні засновки екологічного ґрунтознавства. Воно є такою системою знань, яка спрямована на пізнання факторіальних залежностей явищ і процесів природних і залучених у користуванні людиною ґрунтів, у абіотичних, біокосних, біотичних підсистемах, їхніх взаємозв'язках у статичі та динаміці. Природне або штучне регулювання родючості ґрунту входить у проблематику екологічного ґрунтознавства.

Явища та процеси в ґрунтах багатообумовлені, дискретні, взаємозв'язані, імовірнісні, динамічні. Екологічне ґрунтознавство визначається як: 1) факторіальне, в сфері якого лежать окремі або комплекси факторів, діючі на ґрунт; 2) ценотичне, пов'язане з впливом на ґрунт усього угруповання; 3) агрономічне, пояснюване впливом на ґрунт землеробських і рослинницьких комплексів і технологій; 4) експериментальне, що зосереджене на моделюванні явищ і процесів ґрунту для пізнання їхньої суті. Угруповання, насамперед рослинне, впливає на фізико-хімічні особливості та біоту ґрунту, змінюючи температурний, вологісний, світловий режими внаслідок затінення ґрунту, структурованості його підземними органами, зокрема корневими системами.

Л. О. Карпачевський (1975) глибоко проаналізував екологічну роль основних властивостей та загалом усього ґрунту.

В сферу екологічного ґрунтознавства вписуються прямі та зворотні зв'язки біоти та ґрунту, багатозначні взаємозв'язки організмів ґрунту на фоні факторів середовища агробіогеоценозу.

В агробіогеоценозах неспецифічними факторами, що впливають на ґрунт, є абіотичні – сонячна радіація, опади, гідрологічні умови, специфічними є впливи культивованої рослини та видів, які її супроводжують. Видоспецифічним є вплив

рослин дикої та культурної флори. Специфічними є структурованість ґрунту кореневими системами та землерийними видами тварин, специфічним є винос елементів живлення та специфічне збагачення ґрунту тими речовинами, що виділяють підземні органи рослин і вимиваються з їхніх надземних частин і органічних решток на поверхні, або привносять мікроорганізми, гриби та тваринні види.

Гранулометричний, хімічний, гумусовий склад, реакція і буферність ґрунту, загалом фізичні, фізико-хімічні властивості, структура, водний, температурний, повітряний, поживний режими ґрунту, його родючість складно взаємозв'язані та факторіально залежні.

Специфічні та неспецифічні фактори визначають агрофізичні особливості, родючість ґрунтів, глибину одного шару, щільність складення ґрунту, загальну пористість, вміст видотривких агрегатів, їхній оптимальний розмір, водопроникливість, найменшу вологість тощо.

В. Р. Вільямс (1949) вказував на важливу роль багаторічних трав у формуванні структури ґрунту та забезпеченні його родючості. П. В. Вершинін, М. К. Мельникова (1959) показали складні взаємозалежності та обумовленість агрофізики ґрунтів, особливо на фоні прямих і зворотних зв'язків з рослинністю.

Біота ґрунту (едафон) є складною багатофакторіально – залежною сукупністю організмів різних царств живої природи (Баб'єва, 1989). Вона включає зелені, жовтозелені, діатомові, синьозелені водорості, функціонуючі підземні органи рослин, найпростіших, червей, моллюсків, тихоходок, членистоногих, ссавців, грибів, міксо-, зиго-, аско-, базидіоміцетів, дріжджів, бактерій, вірусів.

Едафон, як комплекс живих організмів, за джерела енергії та живлення має живі організми або їхні частини, рештки та органічну речовину (гумус, детрит) ґрунту. Він має поліфункціональну значущість, формує детритні трофічні та біохімічні ланцюги та сіті. Біота ґрунту, в усій своїй множинності, забезпечує фіксацію атмосферного нітрогену, рихлення ґрунту, переміщення його та органічних решток, їхнє подрібнення, розкладання з послідовними гуміфікацією, амоніфікацією, нітрифікацією, денітрифікацією, мінералізацією, що обумовлюються властивостями та режимами ґрунтів і впливами на них різних факторів (Рассел, 1955; Красильников, 1958; Блек, 1973).

Мікробіота ґрунту (Одум, 1975) є основною ланкою трофічного ланцюга між рослинними рештками та тваринами ґрунту, що механічно розкладають рештки і надають їм форму, доступну для використання мікроорганізмами.

Загальні особливості реакцій біоти на вплив екологічних факторів виявляються в: 1) змінах та збереженні складу та співвідношенні компонентів і елементів; 2) перегрупованні їхнього складу; 3) змінах їхніх функцій; 4) переходах в неактивний стан і анабіоз; 5) змінах взаємовідносин, життєдіяльності, розмноження, адаптацій; 6) в різній чутливості до різних впливів; 7) в специфічних і неспецифічних реакціях компонентів і елементів.

Виходячи з природи уже відмічених екзо- та ендегенних екологічних факторів ґрунту відмітимо, що в сферу та сутність екологічного ґрунтознавства має вписуватися екологія едафону.

І. П. Баб'єва, Г. М. Зенова (1989) виділяють в біоті ґрунту нанофауну – одноклітинних найпростіших, мезофауну – членистоногих, червей – енхетреїд; мезофауну – дощові черви, багатоніжки, личинок комах, мегафауну – представників ссавців – землерийів і крупних земляних червей. Останні сильно механічно діють на ґрунт, викликаючи переміщення значних мас субстрату, змішуючи ґрунт різних горизонтів, порушуючи природне складання ґрунту, збагачуючи його своїми копролітами та переміщуючи насіння бур'янів. В екологічних групах тварин ґрунту ці автори виділяють як фітофагів, альгофагів, зоофагів, некрофагів, сапрофагів (найбільшу групу), копрофагів, детритофагів. Серед форм фаготрофії, на всіх рівнях організованості біоти ґрунту, поширене хижацтво, у найпростіших – фагоцитоз. Найпростіші в ґрунтах несуть функції мікрохижаків, мікроконсументів із поширенням паразитизму, симбіозу, коменсалізму, конкуренції (Хаусман, 1988).

Множинність обумовленості елементів і компонентів едафону показали К. С. Кирьянова, Е. Л. Краль на прикладі особливостей стану та реакцій нематод ґрунту на вплив його температури, вологості, сезонних факторів, глибини шарів, аерації, оксигену, осмотичного тиску, рН середовища. Біотичні фактори визначаються дією вірусів, паразитів і хижих організмів з найпростіших, тихоходок, інших нематод як хижаків, енхетреїд, скалопендрел, хижих кліщів, хижих грибів, личинок, жуків стафілінід, багатоніжок. Нематоди на фоні кліматичних умов і ґрунту та по різному вражають кореневі системи рослин, вони можуть носити в собі та на собі патогенні віруси, бактерії та передавати їх рослинам.

Загалом зміни в косній, біокосній і біотичній підсистемах ґрунту виявляються на фоні факторіальної обумовленості в їхніх різноманітних зв'язках і залежностях.

Екологічне ґрунтознавство спряжене з агрономічним за своєю змістовністю бо в ньому розвиваються факторіально залежні від технологій землеробства та рослинництва екологічні явища та процеси. Ідеї адаптаціогенезу проникають у ці технології (Жученко, 1982), спрямовані на забезпечення потенціальних можливостей родючості ґрунтів і продуктивності рослин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Аверьянов А. Н.** Системное понимание мира / А. Н. Аверьянов. – П. : Политиздат, 1986. – 263 с.
- Бабьева И. П.** Биология почв / И. П. Бабьева, Г. М. Зенова. – М. : МГУ, 1989. – 336 с.
- Бахнов В. К.** Методологические и методические аспекты почвоведения / В. К. Бахнов, Г. П. Гамзинов, В. Б. Ильин. – Новосибирск : Наука, 1988. – 168 с.
- Блэк К. А.** Растение и почва / К. А. Блэк. – М. : Колос, 1973. – 503 с.
- Вершинин П. В.** Основы агрофизики / П. В. Вершинин, М. К. Мельникова, В. Н. Мичурин и др. – М. : Госиздат физ-матем. лит., 1959. – 903 с.
- Вильямс В. Р.** Собрание сочинений / В. Р. Вильямс. – М. : Сельхозгиздат, 1949. – 502 с.
- Жученко А. А.** Адаптивная стратегия в интенсивном растениеводстве / А. А. Жученко // Природа. – 1982. – 12. – С. 100-104.
- Карпачевский Л. О.** Экологическое почвоведение / Л. О. Карпачевский. – М. : Геос, 2005. – 336 с.
- Почвоведение** / Под ред. И. С. Кауричев. – М. : Агропромиздат, 1999. – 712 с.
- Кауричев И. С.** Плодородие почв / И. С. Кауричев, Н. Н. Розов // Почвоведение. – М. : Агропромиздат, 1989. – С. 255-264.
- Красильников Н. А.** Микроорганизмы почвы и высшие растения / Н. А. Красильников. – М. : АН СССР, 1958. – 463 с.
- Кирьянова Е. С.** Паразитические нематоды и методы борьбы с ними / Е. С. Кирьянова, Э. Л. Краль. – Л. : Наука, 1989. – 443 с.
- Купчик В. І.** Ґрунти України / В. І. Купчик, В. В. Іваніна, Г. І. Нестеров, О. Л. Гонка, Майк Лі Майк. – К. : Кондор, 2007. – 414 с.
- Кук Д. У.** Регулирование плодородия почвы / Д. У. Кук. – М. : Колос, 1970. – 517 с.
- Муха В. Д.** Агропочвоведение / В. Д. Муха, Н. И. Картамишев, Д. В. Муха. – М. : Колос, 2004. – 528 с.
- Панас Р. М.** Ґрунтознавство / Р. М. Панас. – Львів : Новий світ, 2009. – 372 с.
- Рассел Э.** Почвенные условия и рост растений / Э. Рассел. – М. : ИЛ., 1955. – 623 с.
- Тишлер В.** Сельскохозяйственная экология / В. Тишлер. – М. : Колос, 1976. – 455 с.
- Шанда Л. В.** Трофотоп як об'єкт теорії степового лісознавства та загальної екології // Ґрунтознавство. – 2006. – Т. 7, № 1-2. – С. 43-48.
- Хаусман К.** Протозоология / К. Хаусман. – М. : Мир, 1988. – 336 с.

Надійшла до редколегії 08.07.11

БІОЛОГІЯ ҐРУНТІВ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

УДК 504.7: 581.526.42 (477.85)

С. С. Руденко, О. Д. Зароченцева

ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІН ПРОДУКТИВНОСТІ ЛІСОУТВОРЮЮЧИХ ПОРІД ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА ПОДАЛЬШОГО ПІДВИЩЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В УМОВАХ МІКРОКОСМНИХ МОДЕЛЕЙ

Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича

За допомогою мікрокосмних моделей спрогнозовано вплив тренду підвищення температури на продуктивність лісоутворюючих порід Чернівецької області. Як матеріал використано самосів *Carpinus betulus* L., *Fagus sylvatica* L. та *Quercus robur* L. Досліджено вплив підвищених температур на моно- та полікультуру зазначених видів деревних рослин. Встановлено, що зростання досліджуваних деревних порід у полікультурних контрольних мікрокосмах характеризується підвищенням приросту біомаси порівняно із монокультурою відповідної породи. У монокультурі виявлено достовірне підвищення приросту біомаси під впливом температури 30 °С лише у граба звичайного, а при 40 °С відмічене зростання даного показника у всіх досліджуваних порід, натомість у полікультурі за дії обох температур загальний приріст біомаси у всіх досліджуваних порід знизився порівняно з контрольними полікультурними мікрокосмами. За дії підвищеної температури на полікультурні мікрокосми відмічене зниження приросту біомаси рослин порівняно із монокультурою переважно за рахунок латерального приросту.

Ключові слова: парниковий ефект, підвищені температури, самосів, біомаса, продуктивність, апікальний приріст, латеральний приріст, монокультура, полікультура, дуб звичайний, граб звичайний, бук лісовий.

С. С. Руденко, О. Д. Зароченцева

Черновицкий национальный университет им. Юрия Федьковича

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД ЧЕРНОВИЦКОЙ ОБЛАСТИ ПРИ ДАЛЬНЕЙШЕМ ПОВЫШЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ В УСЛОВИЯХ МИКРОКОСМНЫХ МОДЕЛЕЙ

С помощью микрокосмных моделей спрогнозировано влияние тренда повышения температуры на продуктивность лесоформирующих пород Черновицкой области. Как материал использовано самосев *Carpinus betulus* L., *Fagus sylvatica* L. и *Quercus robur* L. Исследовано влияние повышенных температур на моно- и поликультуру указанных видов древесных растений. Установлено, что произрастание исследуемых древесных пород в поликультурных контрольных микрокосмах характеризуется повышением прироста биомассы по сравнению с монокультурой соответствующей породы. В монокультуре обнаружено достоверное повышение прироста биомассы под влиянием температуры 30 °С только у граба обыкновенного, а при 40 °С отмечено рост данного показателя у всех исследуемых пород, тогда как в поликультуре при влиянии обеих температур общий прирост биомассы у всех исследуемых пород снизился по сравнению с контрольными поликультурными микрокосмами. При влиянии повышенной температуры на поликультурные микрокосмы отмечено снижение прироста биомассы растений, по сравнению с монокультурой преимущественно за счет латерального прироста.

Ключевые слова: парниковый эффект, повышенные температуры, самосев, биомасса, продуктивность, апикальный прирост, латеральный прирост, монокультура, поликультура, граб обыкновенный, бук лесной, дуб обыкновенный.

© Руденко С. С., Зароченцева О. Д., 2011

ISSN 1684-9094. Ґрунтознавство. 2011. Т. 12, № 1-2

63

PREDICTION CHANGES PRODUCTIVITY OF CHERNIVTSI REGION'S FOREST SPECIES FOR FURTHER INCREASING TEMPERATURE IN MICROCOSMIC MODELS

The influence of increasing temperature trend on productivity of forest species of Chernivtsi region with microcosmic models was predicted. *Carpinus betulus* L., *Fagus sylvatica* L. and *Quercus robur* L. self-seeding are used as material for investigation. The influence of elevated temperature on mono-and multiculture of these species was investigated. Found that the growth of tree species in multicultural control microcosm is characterized by increased of biomass increment compared with monoculture respective breed. For the 30 °C temperature revealed significant increase of biomass increment in monoculture *Carpinus betulus* L. only, for the 40 °C marked the growth of this indicator in all studied species. For the both high temperatures in multicultural microcosms biomass increment decreased in all studied species compared with control multicultural microcosms. By action of increasing temperature on multicultural microcosms marked decrease in growth of plant biomass increment compared with monoculture, mostly due to lateral increment.

Key words: greenhouse effect, increasing temperatures, self-seeding, biomass, productivity, apical increment, lateral increment, monoculture, multiculture, Carpinus betulus L., *Fagus sylvatica* L., *Quercus robur* L.

Природна властивість атмосфери Землі утримувати теплове випромінювання земної поверхні, що зумовлена наявністю в ній вуглекислого газу, відома як явище природного парникового ефекту. Якби не існувало цього ефекту, то середня температура земної поверхні не перевищувала б -6...-18 °C, реально ж на даний момент вона сягає +15 °C (Ситник, 2006). Проте клімат планети стрімко змінюється і дедалі частіше говорять про явище парникового ефекту, викликаного антропогенною діяльністю людини. Ще донедавна глобальне потепління клімату в результаті антропогенного підсилення парникового ефекту розглядалось суто в науковому контексті, і лише в середині 80-х років різко визначились його екологічні та соціально-політичні наслідки.

«Згубні наслідки зміни клімату вже очевидні», – зазначено у Декларації конференції ООН зі сталого розвитку, яка відбулася в Йоганнесбурзі у вересні 2002 р. Певною мірою це формулювання підбиває підсумки дискусії останнього десятиліття щодо причин зміни клімату. У звіті робочої групи експертів Міжурядової комісії зі зміни клімату зроблено висновок, що на 90 % (з ризиком помилки не більше 10 %) зміни глобальних кліматичних характеристик останнього століття викликані зростаючим антропогенним навантаженням на кліматичну систему Землі.

Проблеми клімату України перебувають у центрі уваги вітчизняної наукової спільноти, хоча змінам клімату в Україні присвячено не так багато робіт. Останні, найбільш вагомими результатами містяться у монографії «Клімат України» (2003). У роботі розглянуто деякі теоретичні питання, зроблено спробу побудови сценаріїв клімату майбутнього. Ці сценарії враховують, в основному, температурний режим повітря.

В. Єремєєв і В. Єфімов (2003) вважають, що Україна належить до «критичних» регіонів планети, де можна очікувати порівняно великих градієнтів змін температури. Цьому сприяє наявність Чорного й Азовського морів, Карпатських, Кримських і сусідніх Кавказьких гір. З метою підвищення вірогідності прогнозів автори пропонують виділити на її території субрегіони: Північно-Західний, Північно-Східний, Південно-Західний, Південно-Східний та окремо Крим. Залежно від субрегіонів можна очікувати ймовірних змін клімату. Принаймні ретроспективний аналіз показав, що за 95 років XX ст. температура повітря зросла у Північно-Східному і Південно-Східному субрегіонах України на 2,7–2,8 °C, тоді як у Північно-Західному – на 1,1–1,7 °C (Єремєєв, 2003).

Упродовж 2005–2008 рр. у більшості місяців середня температура повітря перевищувала норму. Найвищі позитивні відхилення відзначалися у січні – до 3 °C, у березні, липні, серпні та грудні вони становили 1,5–2 °C. Середня річна температура повітря за цей період перевищила норму на 1,5 °C. Найтеплішим був 2007 рік, за який середня температура повітря перевищила норму на 2–2,5 °C (5-те Національне повідомлення..., 2009).

Значні зміни відбулися і в настанні весняного та осіннього сезонів (переходу температури повітря через 0 °C). Порівняння дат стійкого переходу середньої добової температури повітря через 0 °C навесні за 1991–2005 рр. з кліматологічною стандартною нормою (1961–1990 рр.) показало, що за 1991–2005 рр. на заході стійкий перехід середньої добової температури повітря через 0 °C навесні відбувся на 14–16 днів, на півдні та в центральній частині – на 12–13, на крайньому північному сході на 9–10 днів раніше, ніж за кліматологічною стандартною нормою (Настання весняного сезону..., 2009).

Прогнози змін кліматичної системи у XXI столітті, отримані на основі моделювання імовірних сценаріїв розвитку людства та економіки. Для трьох з шести найбільш вірогідних сценаріїв всі залучені моделі прогнозують підвищення глобальної температури повітря до кінця XXI ст. в середньому на 2,0–4,5 °C. Згідно з прогнозом, найбільших кліматичних змін зазнають полярні та субполярні регіони, тропічні та субтропічні пустелі. Найбільші швидкості зростання температури прогнозуються на середину XXI ст., що відповідає моменту найбільшої прогнозованої чисельності населення планети.

Що стосується можливих змін клімату в Україні в XXI ст., за висновками Четвертої доповіді з оцінки змін клімату, Україна не входить до переліку найбільш вразливих до глобального потепління регіонів нашої планети. Разом з цим всі моделі прогнозують підвищення температури за всіма сценаріями по відношенню до 2001–2010 рр., і на кінець XXI століття усереднене підвищення для всієї території України складатиме 2,0–3,8 ± 0,8 °C для різних сценаріїв (5-те Національне повідомлення..., 2009).

У даній роботі ми проводимо імітаційні дослідження впливу підвищеної температури, як наслідку парникового ефекту на приріст біомаси деревних порід, що є домінуючими в лісах Чернівецької області. Актуальність запропонованого нами підходу зумовлена усезростаючою необхідністю дослідження впливу складових глобальної екологічної кризи, зокрема наслідків парникового ефекту на стан рослин, при цьому на особливу увагу заслуговують саме рослини-едифікатори певних територій. Оскільки проводити подібні дослідження в природних умовах неможливо, нами започатковано використання для цих цілей штучних екосистем – мікрокосмів. Пріоритет у застосуванні мікрокосмів належить американським дослідникам (Одум, 1986; Drake, 1996), тоді як в Україні подібний підхід був започаткований нами у 2003 році.

Метою роботи була оцінка стійкості лісових видів-едифікаторів Чернівецької області за імітації наслідків парникового ефекту на основі отриманих даних приросту біомаси, а також порівняння показників приросту біомаси досліджуваних порід в умовах підвищеної температури при зростанні у чистих та змішаних культурах.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В якості досліджуваних видів обрано однорічний самосів листяних видів-лісоутворювачів Чернівецької області, а саме граба звичайного (*Carpinus betulus* L.), бука лісового (*Fagus sylvatica* L.) і дуба звичайного (*Quercus robur* L.).

Відбір самосіву *Carpinus betulus* L., *Fagus sylvatica* L. та *Quercus robur* L. здійснювали в лісництві села Поляна Хотинського району Чернівецької області (висота 254 м, координати: 48°29'08.60" С та 26°14'12.00" Е). За національним атласом України с. Поляна знаходиться в межах Заставнівсько-Хотинського фізико-географічного району (Прут-Дністровська височинна область, зона широколистяних лісів – Західноукраїнський край, країна – Східно-Європейська рівнина) (Національний атлас України, 2007).

Дослідження проводили протягом 2005–2008 рр. Після відбору рослини були висаджені у 5-літрові пластикові ємності, утворюючи модельні екосистеми – мікрокосми. У кожний мікрокосм висаджували по два сіянці досліджуваних порід: монокультура «бук – бук», «граб – граб», «дуб – дуб», полікультура «граб – бук», «граб – дуб», «бук – дуб». Повторність для кожного варіанту була восьмикратною. Досліджували продуктивність деревних порід за дії підвищеної температури 30 °C і 40 °C.

Тривалість експерименту становила 1 місяць. Протягом цього періоду мікрокосми не відкривалися, щоб не порушити чистоту експерименту. Під час

експерименту контрольні мікрокосми утримували в культивацийній кімнаті при температурі 22–25 °С, дослідні на ніч поміщали до термостату із заданою температурою. Фотоперіод регулювався автоматично за допомогою реле часу: світловий період тривав 16 годин, темновий – 8, що приблизно відповідає тривалості світлового дня липня місяця в помірних широтах. Протягом експерименту контрольні та дослідні мікрокосми поливали дистильованою водою по 50 мл двічі на тиждень.

Розроблена нами методика оцінки продуктивності деревних порід обіймає ряд наведених нижче операцій. На кожному дереві нумерували всі гілки, для зручності нумерацію починали з нижніх гілок стовбура., потім проводили заміри лінійних розмірів стовбура та гілок, а також діаметра стовбура.

Після завершення експерименту повторно проводили заміри лінійних розмірів стовбура та гілок і діаметра стовбура. Масу приросту стовбура та гілок у довжину визначали ваговим методом на електронних вагах AXIS AD 600 шляхом зважування частин, які приросли за час експерименту. Приростом гілок в ширину в даній методиці нехтуємо, оскільки даний показник мав значення в межах похибки. Латеральний приріст маси стовбура визначали розрахунковим методом за різницею об'ємів головного пагона до початку та після завершення експерименту. Зазначений приріст переводили в одиниці маси за спеціальними коефіцієнтами для конкретної породи.

Латеральний приріст біомаси стовбура знаходили за узагальненою формулою:

$$PC_{\text{л}} = \frac{(V_1 - V_0) \cdot k}{1000} = \frac{(\pi \cdot (\frac{1}{2} \cdot d_1)^2 \cdot H - \pi \cdot (\frac{1}{2} \cdot d_0)^2 \cdot H) \cdot k}{1000},$$

де $PC_{\text{л}}$ – маса латерального приросту стовбура (в ширину), г; V_0 та V_1 – об'єми стовбура перед початком та після закінчення експерименту, мм³; k – об'ємна вага деревини певної породи, г/см³; 1000 – коефіцієнт для переведення мм³ в см³; H – висота стовбура перед початком та після закінчення експерименту (без верхівкового приросту, який відрізається), мм; π – число Пі = 3,14; d_0 та d_1 – діаметри стовбура перед початком та після закінчення експерименту, мм.

Для знаходження загального приросту (ЗП) біомаси окремого дерева сумували масу апікального та латерального приростів стовбура та масу приросту гілок у довжину:

$$ЗП = PC_{\text{а}} + PC_{\text{л}} + ПГ,$$

де $ЗП$ – загальний приріст біомаси, г; $PC_{\text{а}}$ – маса апікального приросту стовбура, г; $PC_{\text{л}}$ – маса латерального приросту стовбура (в ширину), г; $ПГ$ – маса приросту гілок, г.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Отримані нами дані щодо приросту біомаси та його складових у досліджуваних порід за умови зростання в монокультурі представлені в табл. 1.

У *Carpinus betulus* L. при зростанні за умови підвищеної температури 30 °С відзначене достовірне збільшення загального приросту біомаси у порівнянні з контролем на 12,0 %, причому приріст біомаси гілок зменшився на 43,5 %, а апікальний та латеральний прирости стовбура зросли у порівнянні з контролем на 28,6 % та 14,8 %, відповідно. У *Fagus sylvatica* L. при температурі 30 °С спостерігається зниження ПГ на 41,3 %, підвищення $PC_{\text{а}}$ на 33,3 % і $PC_{\text{л}}$ на 3,8 %, разом з цим ЗП достовірно не змінюється і залишається на контрольному рівні. У *Quercus robur* L. загальний приріст біомаси та його складові залишаються на рівні контрольних значень. Що стосується зміни приросту біомаси та його структури у досліджуваних порід за умови підвищеної температури 40 °С, відзначимо наступне: загальний приріст біомаси підвищується у всіх досліджуваних порід від 17,7 % у дуба до 27,9 % у бука. Відбувається таке підвищення за рахунок збільшення латерального приросту стовбура на 19,9 % у *Carpinus betulus* L., на 35,0 % у *Fagus sylvatica* L. та на 20,4 % у *Quercus robur* L., а приріст гілок та приріст стовбура у

висоту за дії даного чинника або не змінюється (*Quercus robur* L.), або достовірно знижується (*Carpinus betulus* L. та *Fagus sylvatica* L.).

У табл. 2 містяться результати по приросту біомаси та його структурі за дії підвищеної температури в умовах полікультурного зростання досліджуваних порід у мікрокосмах. При 30 °С загальний приріст біомаси зменшується у всіх досліджуваних порід відносно контрольних мікрокосмів: у *Carpinus betulus* L. – на 31,5 % (в полікультурі з буком) та 28,9 % (в полікультурі з дубом), у *Fagus sylvatica* L. – на 26,1 % (у полікультурі з грабом) та 36,5 % (в полікультурі з дубом), у *Quercus robur* L. – на 33,3 % (в полікультурі з грабом) та 39,0 % (в полікультурі з буком). На близький до загального приросту відсоток знижується і латеральний приріст стовбура, який складає основну частину у складі загального приросту. Також зменшується і приріст біомаси гілок у граба на 30,5 % при зростанні в полікультурних мікрокосмах з буком та у дуба – на 37,5 % в полікультурі з грабом і на 42,6 % в полікультурі з буком. У інших дослідних варіантах достовірної зміни ПГ та ПС_а порівняно з контролем за дії температури 30 °С не виявлено.

Таблиця 1

Приріст біомаси та його структура у листяних порід Чернівецької області за імітації підвищених температур при монокультурному зростанні у мікрокосмах (n=8)

Досліджувані види	Показники	Приріст гілок (ПГ), г	Апікальний приріст стов-бура (ПС _а), г	Латеральний приріст стов-бура (ПС _л), г	Загальний приріст (ЗП), г
	Варіанти				
<i>Carpinus betulus</i> L.	Контроль	0,046±0,037	0,028±0,0016	0,718±0,0075	0,791±0,0103
	Підвищена температура (30°C)	0,026±0,0028* t=4,32	0,036±0,0017* t=3,45	0,824±0,0078* t=9,82	0,886±0,0075* t=7,41
	Підвищена температура (40°C)	0,049±0,0044 t=0,58	0,024±0,0016* t=4,89	0,861±0,0100* t=11,45	0,934±0,0111* t=9,41
<i>Fagus sylvatica</i> L.	Контроль	0,046±0,0034	0,042±0,0019	0,683 ±0,0085	0,770±0,0109
	Підвищена температура (30°C)	0,027±0,0031* t=3,94	0,056±0,0021* t=5,21	0,709±0,0067* t=2,40	0,793±0,0078 t=1,69
	Підвищена температура (40°C)	0,030±0,0026* t=3,55	0,033±0,0019* t=3,23	0,922±0,0081* t=20,35	0,985±0,0084* t=15,61
<i>Quercus robur</i> L.	Контроль	0,028±0,0030	0,034±0,0021	0,725 ±0,0085	0,787±0,0081
	Підвищена температура (30°C)	0,022±0,0030 t=1,39	0,040±0,0016 t=2,32	0,743±0,0092 t=1,49	0,804±0,0100 t=1,32
	Підвищена температура (40°C)	0,026±0,0030 t=0,46	0,027±0,0027 t=2,03	0,873±0,0079* t=12,77	0,926±0,0091* t=11,45

Примітки: t – критерій Стьюдента; * – достовірна різниця при P<0,05.

Під дією підвищеної температури 40 °С у полікультурних мікрокосмах досліджуваних порід спостерігається зниження загального приросту біомаси у *Carpinus betulus* L. при полікультурному зростанні з *Fagus sylvatica* L. та *Quercus robur* L. на 20,8 % та 11,7 %, відповідно. У *Fagus sylvatica* L. даний показник зменшується на 22,4 % в мікрокосмах з *Carpinus betulus* L. та на 28,8 % – з *Quercus robur* L., і на 11,7 % та 22,8 % – у *Quercus robur* L. при зростанні, відповідно, з *Carpinus betulus* L. та *Fagus sylvatica* L.

Якщо провести порівняння, як змінюється приріст біомаси у досліджуваних порід за умови монокультурного та полікультурного зростання видів у мікрокосмах, то виявляється, що загальний приріст збільшується у контрольних полікультурних мікрокосмах по відношенню до контрольних монокультурних. Так, наприклад,

відзначимо достовірне підвищення ЗП у *Carpinus betulus* L. (в полікультурі з *Fagus sylvatica* L.) на 10,0 % порівняно із монокультурою граба звичайного (рис. 1), на 29,1 % у *Fagus sylvatica* L. (в полікультурі з *Quercus robur* L.) порівняно з монокультурою бука (рис. 4). На такий факт про вищу продуктивність мішаних насаджень у порівнянні з чистими вказують багато дослідників (Колесниченко, 1976; Баранецкий, 1990; Смаглюк, 1974). Зокрема К. К. Смаглюк зазначає, що дуб досягає найвищої своєї продуктивності у культурах з буком та ялицею. Також автор доводить, що одним із кращих супутників дуба є граб (Смаглюк, 1974). У наших дослідженнях бачимо, що продуктивність *Quercus robur* L. в контролі збільшується

Таблиця 2

Приріст біомаси та його структура у листяних порід Чернівецької області за імітації підвищених температур при полікультурному зростанні у мікрокосмах (n=8)

Комбінун-вання видів	Показники	Приріст біч-них пагонів (ПГ), г	Апікальний приріст стов-бура (ПС _а), г	Латеральний приріст стов-бура (ПС _л), г	Загальний приріст (ЗП), г
	Варіанти				
<i>Carpinus betulus</i> L.	Контроль	0,059±0,0038	0,025±0,0029	0,785±0,0133	0,870±0,0157
	Підвищена температура (30°C)	0,041±0,0029* t=3,84	0,028±0,0028 t=0,74	0,527±0,0163* t=12,28	0,596±0,0154* t=12,41
	Підвищена температура (40°C)	0,034±0,0022* t=5,77	0,025±0,0029 t=4,90E-07	0,630±0,0165* t=7,35	0,689±0,0175* t=7,66
	Контроль	0,050±0,0037	0,042±0,0045	0,675±0,0104	0,767±0,0090
	Підвищена температура (30°C)	0,049±0,0030 t=0,34	0,042±0,0049 t=3,76E-02	0,477±0,0158* t=10,50	0,567±0,0173* t=10,24
	Підвищена температура (40°C)	0,034±0,0023* t=3,85	0,029±0,0014* t=2,62	0,532±0,0166* t=7,31	0,595±0,0161*
<i>Fagus sylvatica</i> L.	Контроль	0,047±0,0026	0,029±0,0027	0,726±0,0152	0,802±0,0160
	Підвищена температура (30°C)	0,050±0,0036 t=0,81	0,029±0,0028 t=9,65E-02	0,492±0,0185* t=9,76	0,570±0,0221* t=8,51
	Підвищена температура (40°C)	0,045±0,0026 t=0,34	0,029±0,0028 t=4,71E-07	0,633±0,0145* t=4,42	0,708±0,0154* t=4,24
	Контроль	0,048±0,0029	0,037±0,0051	0,847±0,0144	0,932±0,0159
	Підвищена температура (30°C)	0,030±0,0021* t=5,05	0,036±0,0033 t=0,19	0,556±0,0156* t=13,72	0,622±0,0172* t=13,23
	Підвищена температура (40°C)	0,029±0,0022* t=4,97	0,027±0,0026 t=1,76	0,765±0,0133 t=4,42	0,823±0,0150* t=4,95
<i>Quercus robur</i> L.	Контроль	0,050±0,0034	0,040±0,0038	0,898±0,0127	0,994±0,0154
	Підвищена температура (30°C)	0,056±0,0036 t=1,23	0,040±0,0031 t=0,13	0,540±0,0115* t=20,89	0,631±0,0124* t=18,37
	Підвищена температура (40°C)	0,032±0,0022* t=4,50	0,028±0,0027* t=2,53	0,648±0,0121* t=14,25	0,708±0,0131* t=14,12
	Контроль	0,047±0,0041	0,035±0,0031	0,946±0,0268	1,027±0,0218
	Підвищена температура (30°C)	0,027±0,0021* t4,34	0,034±0,0024 t=0,25	0,566±0,0154* t=12,27	0,626±0,0155* t=4,99
	Підвищена температура (40°C)	0,025±0,0024* t=4,57	0,029±0,0027 t=1,33	0,739±0,0117* t=7,05	0,793±0,0098* t=9,76

Примітки: t – критерій Стюдента; * – достовірна різниця при P<0,05.

на 18,4 % та 30,5 % при зростанні у полікультурних мікрокосмах з *Carpinus betulus* L. та *Fagus sylvatica* L. (рис. 5 та 6), відповідно, і складає $0,932 \pm 0,0159$ г та $1,027 \pm 0,0218$ г, тоді як в монокультурі дуба $0,787 \pm 0,0081$ г.

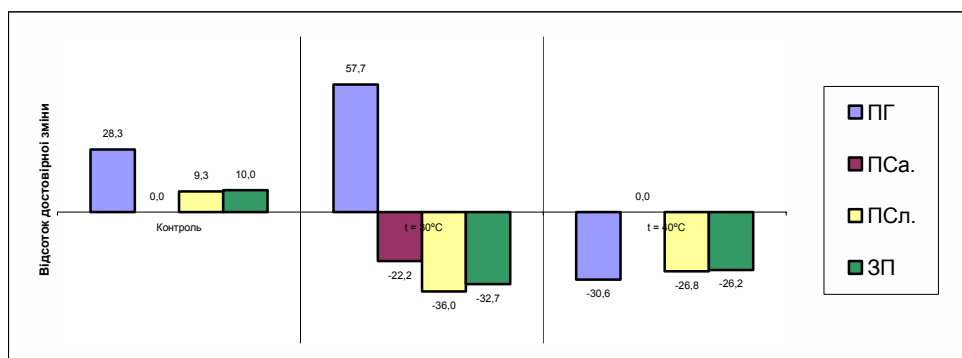


Рис. 1. Відсоток достовірної зміни приросту та його структури у *Carpinus betulus* L. (в полікультурі з *Fagus sylvatica* L.) по відношенню до монокультури граба

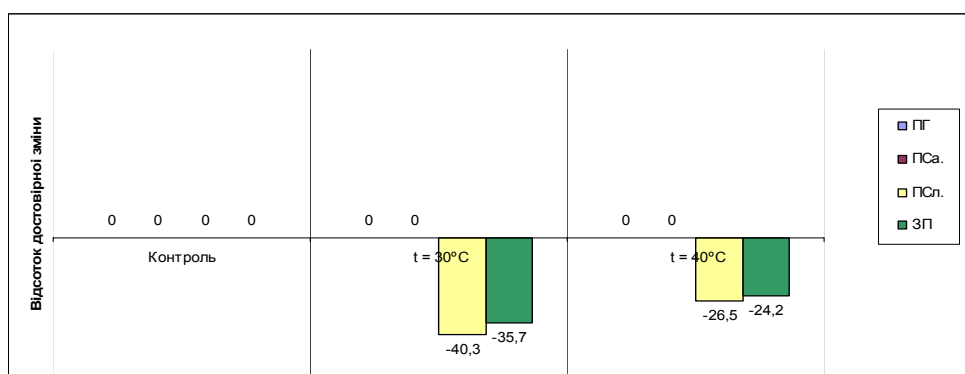


Рис. 2. Відсоток достовірної зміни приросту та його структури у *Carpinus betulus* L. (в полікультурі з *Quercus robur* L.) по відношенню до монокультури граба

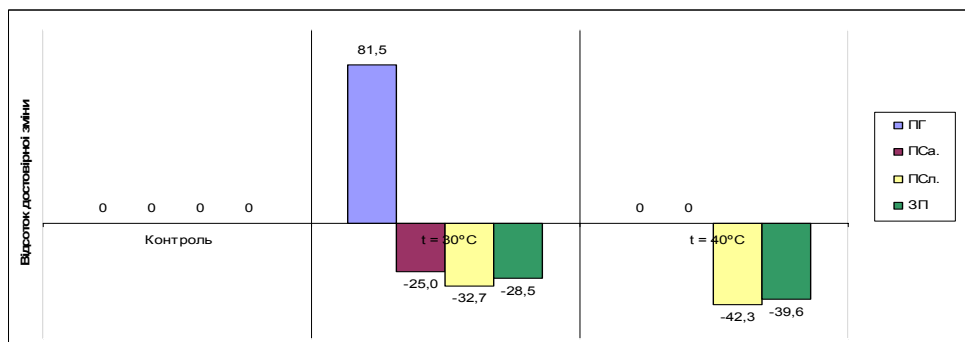


Рис. 3. Відсоток достовірної зміни приросту та його структури у *Fagus sylvatica* L. (в полікультурі з *Carpinus betulus* L.) по відношенню до монокультури бука

Проте за умови впливу підвищеної температури і 30 °С, і 40 °С загальний приріст граба, бука і дуба досить відчутно знижується, порівняно із монокультурою кожної породи (рис. 1–6). У відповідний бік змінюється і приріст стовбура в ширину, приріст гілок у контролі та при 30 °С у полікультурних мікрокосмах або залишається на рівні монокультури, або підвищується і досить

суттєво (за дії підвищеної температури 30 °C у *Fagus sylvatica* L. при зростанні з *Carpinus betulus* L. – на 81,5 % (рис. 3), а з *Quercus robur* L. – на 107,4 % (рис. 4) відносно монокультури бука за дії даного чинника). Апикальний приріст стовбура у більшості полікультурних мікрокосмів – і контрольних, і дослідних, залишається на рівні значень даного показника у відповідній породи при монокультурному зростанні, лише у бука знижується на 25,0 % (в полікультурі з грабом) і на 28,6 % (в полікультурі з дубом), і у граба при зростанні у мікрокосмах з буком лісовим апикальний приріст стовбура знижується на 22,2 %.

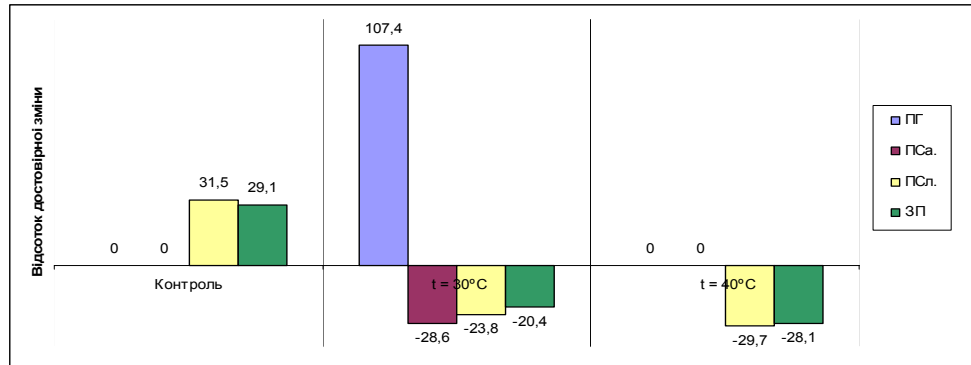


Рис. 4. Відсоток достовірної зміни приросту та його структури у *Fagus sylvatica* L. (в полікультурі з *Quercus robur* L.) по відношенню до монокультури бука

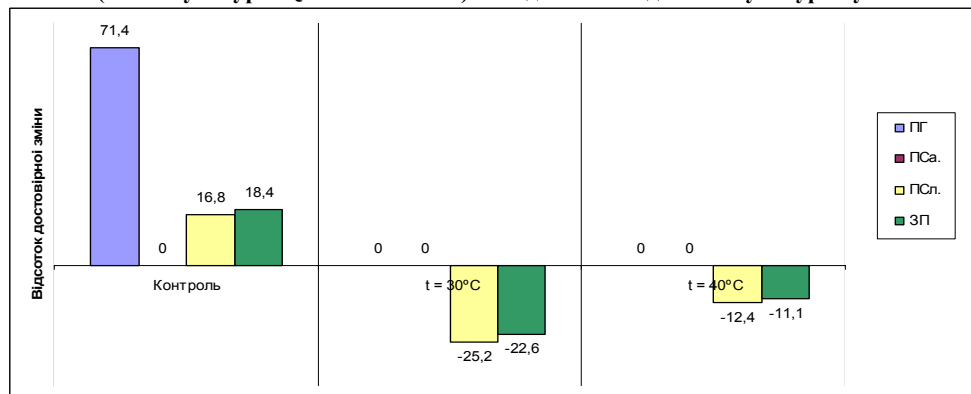


Рис. 5. Відсоток достовірної зміни приросту та його структури у *Quercus robur* L. (в полікультурі з *Carpinus betulus* L.) по відношенню до монокультури дуба

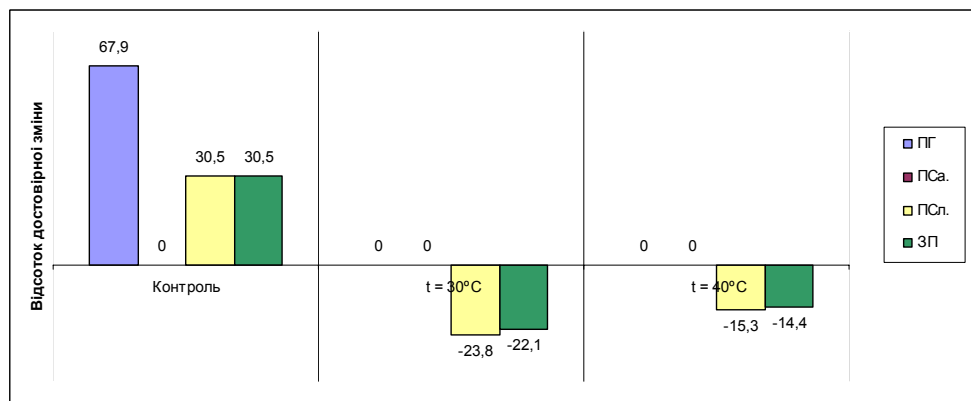


Рис. 6. Відсоток достовірної зміни приросту та його структури у *Quercus robur* L. (в полікультурі з *Fagus sylvatica* L.) по відношенню до монокультури дуба

ВИСНОВКИ

Зростання досліджуваних деревних порід у полікультурних контрольних мікрокосмах характеризується підвищенням приросту біомаси порівняно із монокультурою відповідної породи. У монокультурі показано достовірне підвищення приросту біомаси у *Carpinus betulus* L. під дією підвищеної температури 30 °С, а при 40 °С відмічене зростання даного показника у всіх досліджуваних порід. У полікультурі загальний приріст біомаси у всіх досліджуваних порід знизився на 26,1–39,0 % за дії підвищеної температури 30 °С, і на 11,7–28,8 % за дії підвищеної температури 40 °С порівняно з полікультурними мікрокосмами в контролі. При дії підвищеної температури, як наслідку парникового ефекту на полікультурні мікрокосми відмічене зниження приросту біомаси рослин порівняно із монокультурою за аналогічного впливу стресового чинника, переважно за рахунок латерального приросту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Бабіченко В. М.** Настання весняного сезону в Україні (перехід середньої добової температури через 0°C) / В. М. Бабіченко, Н. В. Ніколаєва, С. Ф. Рудішина та ін. – Укр. геогр. журн. – 2009. – № 1. – С. 25-35.
- Баранецкий Г. Г.** Химическое взаимодействие древесных растений / Г. Г. Баранецкий. – Львов: Свит, 1990. – 160 с.
- Єремєєв В.** Регіональні аспекти глобальної зміни клімату / В. Єремєєв, В. Єфімов // Вісн. НАН України. – 2003. – № 2. – С. 14-19.
- Клімат України** / За ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. – К.: Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.
- Колесниченко М. В.** Биохимические взаимодействия древесных растений / М. В. Колесниченко. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 184 с.
- Національний атлас України.** – К.: ДНВП «Картографія», 2007. – 440 с.
- Одум Ю.** Экология: в 2 т. – М.: Мир, 1986. – Т. 1. – 326 с.
- Руденко С. С.** Вплив імітованих кислотних дощів на продуктивність лісових екосистем у мікрокосмах / С. С. Руденко, О. Д. Зароченцева // Доповіді Національної академії наук України. – 2008. – № 3. – С. 183-187.
- Ситник К.** Біосфера і клімат: минуле, сьогодення і майбутнє / К. Ситник, В. Баглюк // Вісн. НАН України. – 2006. – № 9. – С. 3-20.
- Смаглюк К. К.** Аборигенні листяні лісоутворювачі / К. К. Смаглюк. – Ужгород: Карпати, 1974. – 120 с.
- 5-те Національне повідомлення України з питань зміни клімату.** – К., 2009. – 282 с.
- Drake J., Huxel G., Hewitt C.** Microcosms as models for generating and testing community theory // Ecology. – 1996. – 77. – P. 670-677.

Надійшла до редколегії 14.03.11

ВИДОВЕ РІЗНОМАНІТТЯ СИНЬО-ЗЕЛЕНИХ ВОДОРОСТЕЙ БУРОВАТО-ПІДЗОЛИСТИХ ОГЛЕЄНИХ ҐРУНТІВ ПІВДЕННОГО ПЕРЕДКАРПАТТЯ

Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича

Вивчали ґрунтові водорості буровато-підзолистих ґрунтів Передкарпаття різних екосистем. Встановлено видовий склад, систематичну структуру, екологічні спектри синьо-зелених водоростей. Виявлено 17 видів синьо-зелених водоростей з 1 класу, 2 порядків, 4 родин, 5 родів. Серед екобіоморф найбільш чисельні Р- та Cf-форми.

Ключові слова: синьо-зелені водорості, екосистема, екобіоморфи.

В. А. Никорич, Т. М. Чорневич

Черновицкий национальный университет им. Ю. Федьковича

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ СИНЕ-ЗЕЛЕННЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ БУРОВАТО- ПОДЗОЛИСТЫХ ОГЛЕЕННЫХ ПОЧВ ЮЖНОГО ПРЕДКАРПАТЯ

Изучали почвенные водоросли буровато-подзолистых почв Предкарпаття различных экосистем. Определен видовой состав, систематическая структура, экологические спектры сине-зеленых водорослей. Обнаружено 17 видов сине-зеленых водорослей из 1 класса, 2 порядков, 4 семейств, 5 родов. Среди экобиоморф наиболее многочисленны Р- и Cf-формы.

Ключевые слова: сине-зеленые водоросли, экосистема, экобиоморфы.

V. A. Nikorych, T. M. Chornevych

Chernivtsi Yu. Fedkovych National University

THE SPECIES COMPOSITION OF BLUE-GREEN ALGAE OF BROWN-PODZOLIC GLEIED SOILS OF SOUTHERN CISCARPATIA

The soil algae of brown-podzolic Ciscarpation's soils of different ecosystems were studied. The species composition, taxonomic and ecological structure of blue-green algae was determined. 17 species were found from 1 classes, 2 orders, 4 families, 5 genera. Among the algae life forms P- and Cf-forms are domination.

Keywords: blue-green algae, ecosystem, ecobiomorph.

Синьо-зелені водорості відносяться до постійного та досить важливого компоненту ґрунтової альгофлори. На відміну від представників інших відділів водоростей гетероцистні синьозелені водорості здатні поєднувати процес окисного фотосинтезу з фіксацією молекулярного азоту.

В локусах масового розвитку, автотрофні за карбоном і нітрогеном синьозелені водорості виявляють вплив на ґрунтову біоту, а через неї і на родючість ґрунту (Панкратова, 1989). Також показано, що нітроген, накопичений синьозеленими водоростями, може утилізуватись вищими рослинами, таким чином частково задовольняючи їх потребу в цьому дефіцитному елементі (Панкратова, 1987).

Варто відмітити протиерозійні властивості нитчастих форм синьозелених водоростей, слизисті речовини клітинних оболонок яких склеюють ґрунтові частинки, а переплетені нитки механічно скріплюють їх (Костіков, 1990).

Крім накопичення органічної речовини і нітрогену, а також стимулюючої дії, встановлена провідна роль водоростей у звільненні поживних речовин ґрунту шляхом руйнування первинних і вторинних мінералів. Так, Вентакараман і Гойал (1971) наводять дані про здатність 17 штамів і видів з родів *Nostoc* і *Anabaena* переводити в розчинний стан $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Відмічається здатність діатомових, синьозелених і зелених водоростей активно руйнувати мусковіт, біотит і деякі інші мінерали, а також брати участь у вторинному синтезі (Глазовская, 1950).

ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

У ході стаціонарних та експедиційних досліджень вивчалися синьо-зелені водорості бурувато-підзолистих оглеєних ґрунтів Передкарпаття природних лісових та антропогенно-трансформованих біогеоценозів. Було опрацьовано 170 об'єднаних проб та закладено 8 реперних розрізів по території південного Передкарпаття.

Розріз 1. Бурувато-підзолистий оглеєний середньосуглинковий, окультурений на елювіально-делювіальному суглинку. Не орн. + Ehgl + Igl + PGI.

Розріз 2. Бурувато-підзолистий оглеєний середньосуглинковий на елювіальному суглинку. Но + Не + Egl + Eigl + Igl + PGI.

Розріз 3. Бурувато-підзолистий середньосуглинковий на елювіально-делювіальному суглинку. Нл + Не + Eh + Ie + Im + Pmq.

Розріз 4. Бурувато-підзолистий оглеєний середньосуглинковий на елювіально-делювіальному суглинку. Hd + He/gl + Egl + Igl + Pgl.

Розріз 5. Бурувато-середньопідзолистий оглеєний малогумусний важкосуглинковий ґрунт на елювіально-делювіальному суглинку. Нл + Hegl + Ehgl + + Eigl + Igl + Pgl.

Розріз 6. Бурувато-середньопідзолистий оглеєний малогумусний важкосуглинковий ґрунт на елювіально-делювіальному суглинку. Но + Не + Ehgl + + Eigl + Igl + Pgl.

Розріз 7. Бурувато-середньопідзолистий оглеєний малогумусний середньосуглинковий ґрунт на елювіально-делювіальному суглинку. Hd + Hegl + Ehgl + + Eigl + Igl + Pgl.

Розріз 8. Бурувато-середньопідзолистий оглеєний малогумусний середньосуглинковий, високоокультурений ґрунт на елювіально-делювіальному суглинку. Норн. + Ehgl + Eigl + Igl + Pgl.

За загальноживаною методикою зразки ґрунту відбирались у паперові конверти, попередньо прожарені у сушильній шафі при температурі 130–150 °С протягом 1 год (Голлербах, 1969). Проби відбирали в межах ґрунтового профілю по трьох стінках з усіх генетичних горизонтів (Кузяхметов, 2001), додатково розділивши верхні горизонти на шари. Змішаний зразок складався з восьми індивідуальних проб, відібраних стохастично в межах необхідної глибини.

Ґрунтові проби обробляли в три етапи:

- методами ґрунтових культур зі скельцями обростань;
- методом накопичувальних культур на агаризованому середовищі;
- методом чистих культур (Водорості..., 2001).

Життєві форми (екобіоморфи) видів водоростей встановлювали на основі класифікації Е. А. Штіни із співавторами (Алексахина, 1984; Штіна, 1976). Визначали показник ступеню відносної біотопічної приуроченості (СБП) виду (Песенко, 1982), розраховували частоту зустрітності виду (ЧТ) (Андреюк, 1992). Флористичний аналіз проведено за методами, розробленими для вищих рослин (Шмидт, 1984; Юрцев, 1991).

Дослідження культур водоростей на агарових середовищах проводили за допомогою стереомікроскопії. Систематичну належність визначали згідно монографії «Водорості ґрунтів України (історія та методи дослідження, система, конспект флори)» (2001).

Ідентифікацію водоростей проводили за вітчизняними та зарубіжними визначниками із серій: «Определитель пресноводных водорослей СССР» (1986), «Süßwasserflora von Mitteleuropa» (1983), «Визначник прісноводних водоростей Української РСР» (1968), «Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen» (1995), «Почвенные и аэрофильные зеленые водоросли (Chlorophyta: Tetrasporales, Chlorococcales, Chlorosarcinales)» (1998).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Встановлення видового складу водоростей є першим кроком при проведенні альгофлористичних досліджень певної території. На основі даних про склад ґрунтових водоростей базуються подальші дослідження впливу різних факторів середовища на їх розвиток.

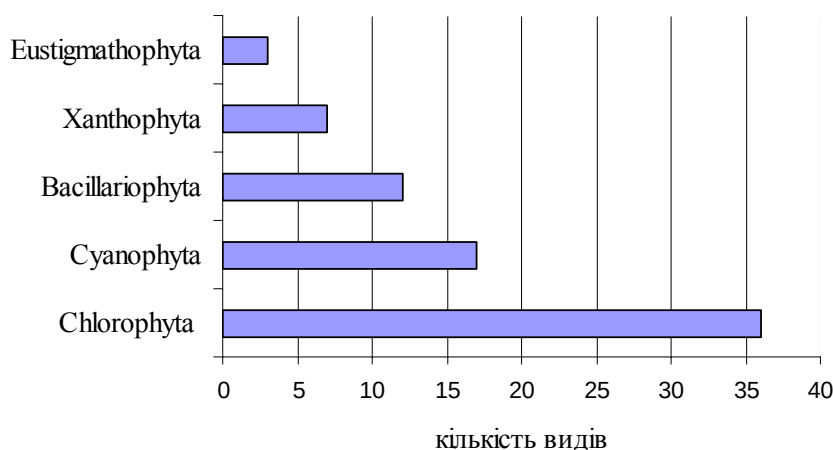
За даними наших досліджень альгофлора бурувато-підзолистих ґрунтів південного Передкарпаття включає 17 видів синьо-зелених водоростей з 1 класу, 2 порядків, 4 родин, 5 родів. З усіх досліджуваних екосистем ці водорості були виявлені в антропогенно-трансформованих екосистемах, в природних лісових – вони не виявлялись (табл. 1).

Таблиця 1

**Систематична структура синьо-зелених водоростей
антропогенно-трансформованих екосистем**

Класи	Порядки	Родини	Кількість	
			родів	видів
Cyanophyceae	Oscillatoriales	Schizotrichaceae	1	1
		Phormidiaceae	1	4
	Nostocales	Nostocaceae	2	7
		Pseudanabaenaceae	1	5

З огляду на факт присутності синьо-зелених водоростей в ґрунтах лише антропогенно-трансформованих екосистем, наведемо систематичну структуру альгофлори едафотопів цих біогеоценозів. Всього виявлено 74 види водоростей з 5 відділів, 6 класів, 16 порядків, 30 родин, 38 родів: *Chlorophyta* – 36 (48,6%), *Cyanophyta* – 17 (22,9%), *Xanthophyta* – 7 (9,5%), *Bacillariophyta* – 12 (16,2%), *Eustigmathophyta* – 3 (4,1%) (рисунк).



**Систематична структура ґрунтових водоростей
бурувато-підзолистих оглєсних ґрунтів антропогенно-трансформованих
екосистем на рівні відділів**

Провідними за кількістю видів на пасовищі є *Chlorophyta* – 36 видів, що в цілому відповідає альгоугрупованням кислих ґрунтів. Серед зелених водоростей домінантами виявилися види *Chlamydomonas lobulata* Ettl (ЧТ=45,2), *Heterotetracystis akinetos* Cox et Deason (ЧТ=19,0) та з високим ступенем відносної біотопічної приуроченості, *Chlorococcum pulchrum* Archibald et Bol – не приурочений до даної екосистеми вид, *Scotiellopsis rubescens* Vinatz з високим значенням частоти зустріаності (ЧТ=35,7), *Stichococcus minor* Näg. (ЧТ=26,2) не приурочений до даного типу екосистеми, *Klebsormidium nitens* (Meneghini in Kützing) Lokhorst (ЧТ=16,7) та з високим ступенем відносної біотопічної приуроченості.

Значна частка в альгоугрупованні пасовищ діатомових водоростей – 10 видів. Такі види, як: *Navicula pelliculosa* (ЧТ=35,7) та не приурочений вид, *Stauroneis anceps* (23,81 та високий ступінь відносної біотопічної приуроченості), *Hantzschia amphioxys*

(ЧТ=28,6), *Nitzschia frustulum*, *Nitzschia palea* (ЧТ=30,9) з високим ступенем біотопічної приуроченості – увійшли до домінуючого комплексу.

Дещо поступаються за кількістю видів синьо-зелені водорості – 7 видів. Серед них домінантом є: *Nostoc punctiforme* (ЧТ=19,0) з високим ступенем біотопічної приуроченості. З відділу Eustigmatophyta виявлено 3 види: *Eustigmatos magnus* (B. Petersen) Hibberd, *Vischeria stellata* (Chodat ex Poulton) Pascher, *Monodopsis subterranea* (B. Petersen) Hibberd. З них тільки один вид є домінантом: *Monodopsis subterranea* (ЧТ=57,1). Відділ Xanthophyta нараховує 2 види: *Pleurochloris commutata* Pascher, *Nephrodiella phaseolus* Pascher, останній – домінуючий вид, який характеризується високим ступенем біотопічної приуроченості та значенням частоти трапляння.

Вертикальне розселення водоростей є важливою характеристикою альгоугруповань. Відмічено поступове зменшення кількості видів, починаючи з поверхневих горизонтів. Встановлено, що різні види водоростей характеризуються відповідним профільним перерозподілом. Так, діатомові водорості розвиваються переважно в поверхневих горизонтах, вниз по профілю зустрічаються епізодично і тільки у вигляді пустих панцирів.

Така ж приуроченість до поверхневих горизонтів характерна і для синьозелених водоростей: *Phormidium retzii* (Agardh) Gomont, *Nostoc linckia* (Roth) Bornet et Flahault f. *calcicola* (Brebisson) Elenkin, *Nostoc paludosum* Kützing, *Nostoc punctiforme* (Kützing) Hariot, *Leptolyngbya frigida* (Fritsch) Anagnostidis et Komarek, *Leptolyngbya foveolarum* (Rabenhorst ex Gomont) Anagnostidis et Komarek, *Leptolyngbya tenuis* (Gomont) Anagnostidis et Komarek.

В найбільш глибоких горизонтах (Igl) зустрічаються переважно одноклітинні зелені водорості – *Chlorella vulgaris* Beijerinck var. *vulgaris*, *Chlorococcum infusionum* (Schrank) Meneghini, *Chlorococcum costatozygotum* Ettl et Gärtner, *Chlorococcum lobatum* (Korschikov) Fritsch et John, а також *Stichococcus minor* Nägeli в одноклітинному стані. Серед еустигматофітових водоростей, на значних глибинах, виявлені *Eustigmatos magnus* (B. Petersen) Hibberd та *Monodopsis subterranea* (B. Petersen) Hibberd.

Провідними на ріллі за кількістю видів є *Chlorophyta* – 20 видів, з них домінантами виявилися види: *Chlamydomonas inepta* із значенням частоти трапляння (ЧТ= 28,6) та з високим ступенем відносної біотопічної приуроченості, *Myrmecia incisa* з високим значенням частоти трапляння (ЧТ=59,5), не приурочений вид для даної екосистеми.

Значна частка в альгоугрупованні ріллі синьозелених водоростей – 15 видів. Такі види, як: *Phormidium autumnale*, *Phormidium boryanum*, *Cylindrospermum muscicola*, *Nostoc edaphicum*, *Nostoc paludosum* – увійшли до домінуючого комплексу, які характеризуються високим ступенем відносної біотопічної приуроченості та високим значенням трапляння, крім останнього виду, не приуроченого до даного типу екосистеми.

Поступаються за кількістю видів жовтозелені та діатомові водорості, кількість яких в 3 рази менша у порівнянні з синьозеленими водоростями. Відділ *Eustigmatophyta* представлений одним видом: *Eustigmatos magnus*, який виявився домінантом з високим значенням трапляння.

На відміну від пасовища, на ріллі діатомові водорості розселяються до ілювіально-глейового горизонту, це види – *Nitzschia palea* (Сторожинець) та *Cavinula cocconeiformis* (Іспас); в материнській породі ці види не виявлені.

З представників еустигматофітових в материнській породі знайдений вид *Eustigmatos magnus*. З відділу жовтозелених водоростей на глибині глибше 100 см (PGI) виявлені види *Botrydiopsis eriensis* та *Monodus unipapilla*. З представників зелених водоростей в підповерхневих горизонтах виявлені: *Chlamydomonas actinochloris*, *Chlamydomonas inepta*, *Chlorococcum lobatum* та *Myrmecia incisa*.

Синьозелені водорості в підповерхневих горизонтах представлені видами: *Phormidium autumnale*, *Phormidium retzii*, *Cylindrospermum muscicola*, *Nostoc linkia*, *Nostoc paludosum*.

Важливою характеристикою альгоугруповань досліджуваних ґрунтів є їх екологічна структура. Серед виявлених видів водоростей переважають едафотільні види. Розташувавши індекси життєвих форм у порядку зменшення числа видів, отримали загальний спектр життєвих форм (екобіоморф) синьо-зелених водоростей для бурувато-підзолистих оглеєних ґрунтів різних екосистем Передкарпаття: P₉Cf₆M₁Nf₁(17), де нижніми індексами позначена кількість видів кожної окремої життєвої форми, а у дужках указана загальна кількість видів (табл. 2).

Екобіоморфи характеризують екологічні особливості водоростей, незалежно від систематичної приналежності (Штина, 1976; Алексахина, 1984). Великого різноманіття набувають види Р-форм (53%). Види М- та Nf-форм займають по 6 % загального спектру екобіоморф.

Таблиця 2

Екологічна структура ґрунтових водоростей

Екобіоморфи (життєві форми)	Опис екобіоморф
Р-форма	нитчасті синьо-зелені, які не утворюють значного слизу; розсіяні в товщі ґрунту серед ґрунтових частинок або утворюють на поверхні ґрунту тонкі шкірясті плівки; типові ксерофіти
Cf-форма	мікроскопічні азотфіксуючі синьо-зелені водорості, які здатні формувати слизисті розростання на поверхні ґрунту
М-форма	синьо-зелені у вигляді більш-менш слизистих ниток, які утворюють макроскопічні помітні кірочки на поверхні ґрунту. Відрізняються виключною посухостійкістю та теплостійкістю
Nf-форма	види роду <i>Nostoc</i> , які утворюють наземні макроскопічні таломі. Світлолюбні та посухостійкі

Варто відмітити, що на другому місці у спектрі життєвих форм стоять види Cf-форм (35 %), мікроскопічні азотфіксуючі синьо-зелені водорості: *Nostoc linkia*, *Nostoc paludosum*, *Nostoc punctiforme*, *Cylindrospermum muscicola*, *Nostoc edaphicum*, *Nostoc microscopium*. Чотири види з них, а саме, *Nostoc punctiforme*, *Cylindrospermum muscicola*, *Nostoc edaphicum* та *Nostoc paludosum* – входять до домінантного комплексу.

Отже, виявлено, що для альгоугруповань антропогенно-трансформованих екосистем властиве домінування зелених водоростей із суттєвим різноманіттям синьо-зелених. Що, на нашу думку пов'язано, із кращим водно-повітряним, оптимальним поживним режимами. Так, згідно літературних даних, синьо-зелені водорості, які в природних лісових екосистемах нами не були виявлені, є кальцефільними видами, на відміну від жовтозелених і зелених водоростей (більшість з них ацидофільні види), і з цим пов'язують відсутність *Cyanophyta* у кислих ґрунтах.

ВИСНОВКИ

1. Альгофлора бурувато-підзолистих ґрунтів південного Передкарпаття антропогенно-трансформованих екосистем включає 17 видів синьо-зелених водоростей з 1 класу, 2 порядків, 4 родин, 5 родів.

2. Встановлено відсутність синьо-зелених водоростей у природних екосистемах.

3. Встановлено, що з усіх виявлених синьо-зелених водоростей 35 % – азотфіксуючі види.

4. Досліджено екологічну структуру синьо-зелених водоростей бурувато-підзолистих оглеєних ґрунтів Передкарпаття. Розташувавши індекси життєвих форм у порядку зменшення числа видів, отримали загальний спектр екобіоморф синьо-зелених водоростей: P₉Cf₆M₁Nf₁(17).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Алексахина Т. И. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов / Т. И. Алексахина, Э. А. Штина. – М. : Наука, 1984. – 150 с.

Андреева В. М. Почвенные и аэрофильные зеленые водоросли (Chlorophyta: Tetrasporales, Chlorococcales, Chlorosarcinales) / В. М. Андреева. – СПб. : Наука, 1998. – 352 с.

- Андреюк Е. И.** Основы экологии почвенных микроорганизмов / Е. И. Андреюк, Е. В. Валагурова. – К. : Наук. думка, 1992. – 224 с.
- Водорості ґрунтів України** (історія та методи дослідження, система, конспект флори) / І. Ю. Костіков, П. О. Романенко, Е. М. Демченко та ін. – К. : Фітосоціоцентр, 2001. – 300 с.
- Глазовская М. А.** Влияние микроорганизмов на процессы выветривания первичных минералов / М. А. Глазовская // Изв. АН КазССР. – 1950. – № 6. – С. 79-100.
- Голлербах М. М.** Почвенные водоросли / М. М. Голлербах, Э. А. Штина. Ленинград : Наука, 1969. – 228 с.
- Кондратьева Н. В.** Синьозелені водорості – Cyanophyta. Ч. 2. Клас Гормогонієві – Hormogoniophyceae. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. I / Н. В. Кондратьева – К. : Вид-во АН УРСР, 1968. – 523 с.
- Костіков І. Ю.** Водорості яруг та їх протиерозійна роль / І. Ю. Костіков // Укр. ботан. журн. – 1990. – 47, № 1. – С. 43-47.
- Кузяхметов Г. Г.** Методы изучения почвенных водорослей : учебное пособие [для студ. высш. уч. зав.] / Г. Г. Кузяхметов, И. Е. Дубовик. – Уфа : Башкирский ун-т, 2001. – 60 с.
- Мошкова Н. О.** Зеленые водоросли. Класс улотриксые. Порядок улотриксые. Chlorophyta: Ulotrichophyceae, Ulotrichales. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вип. 10 / Н. О. Мошкова, М. М. Голлербах – Л. : Наука, 1986. – 360 с.
- Панкратова Е. М.** Участие цианобактерий в круговороте азота в почве и создании ее плодородия / Е. М. Панкратова // Успехи микробиологии. – 1987. – Вип. 21 – С. 212-242.
- Панкратова Е. М.** Функционирование цианобактерий на пахотных почвах Нечерноземной зоны / Е. М. Панкратова, Л. И. Домрачева, Е. Н. Резник // Почвоведение. – 1989. – № 4. – С. 75-81.
- Песенко Ю. А.** Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях / Ю. А. Песенко. – М. : Наука, 1982. – С. 32-52.
- Топачевський А. В.** Діатомові водорості – Bacillariophyta (Diatomeae). Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. XI / А. В. Топачевський, О. П. Оксіюк. – К. : Вид-во АН УРСР, 1960. – 412 с.
- Шмидт В. М.** Математические методы в ботанике : учебн. Пособие / В. М. Шмидт. – Л. : Ленингр. ун-т, 1984. – 288 с.
- Штина Э. А.** Экология почвенных водорослей / Э. А. Штина, М. М. Голлербах. – М. : Наука, 1976 – 143 с.
- Юрцев Б. А.** Изучение биологического разнообразия и сравнительная флористика / Б. А. Юрцев // Бот. журн. – 1991. – Т. 76. – № 3. – С. 305-313.
- Ettl H.** Chlorophyta I. Phytomonadina. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd.9 / H. Ettl. – Jena: VEB Gustav Fischer, Verl., 1983. – 807 s.
- Ettl H.** Syllabus der Boden-, Luft, und Flechtenalgen / H. Ettl, G. Gärtner. – Stuttgart, Jena, New-York: Gustav Fischer Verlag, 1995. – 721 s.
- Venkataraman G. S.** Solubilization of tricalcium phosphate by blue-green algae / Venkataraman G. S., Goyal S. K. // Gur. Sci., 1971. – Vol. 40. – №7 – P. 165-166.

Надійшла до редколегії 04.07.11

ВОДОРОСТІ ВІДДІЛУ ЦЯНОРНОУТА ДЕЯКИХ ОБ'ЄКТІВ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

*Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького¹
Таврійський державний агротехнологічний університет²*

У статті приведені результати дослідження водоростей відділу *Cyanophyta* Біосферного заповідника «Асканія-Нова» ім. Ф.Е. Фальц-Фейна (Херсонська обл., Чаплинський р-н) і заповідника місцевого значення «Троїцька балка» (Запорізька обл., Мелітопольський р-н). Розглянута систематична структура на рівні порядків, родин, родів, спектр життєвих форм синьозелених водоростей. Проаналізовано розподіл водоростей в поверхневих горизонтах ґрунту.

Ключові слова: *Cyanophyta*, степові біогеоценози, Біосферний заповідник, заказник.

І. А. Мальцева¹, В. В. Щербина²

¹*Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького*

²*Тавричеський державний агротехнологічний університет*

ВОДОРΟΣЛИ ОТДЕЛА ЦЯНОРНОУТА НЕКОТОРЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИРОДНО-ЗАПОВЕДНОГО ФОНДА ЮГА УКРАИНЫ

В статье приведены результаты исследования водорослей отдела *Cyanophyta* Биосферного заповедника «Аскания-Нова» им. Ф.Е. Фальц-Фейна (Херсонская обл., Чаплинский р-н) и заказника местного значения «Троицкая балка» (Запорожская обл., Мелитопольский р-н). Рассмотрена систематическая структура на уровне порядков, семейств, родов, спектр жизненных форм синезеленых водорослей. Проанализировано распределение водорослей в поверхностных горизонтах почвы.

Ключевые слова: *Cyanophyta*, степные биогеоценозы, Биосферный заповедник, заказник.

I. A. Maltseva¹, V. V. Shcherbina²

¹*Melitopol State Teachers' Training University*

²*Tavria State Agrotechnological University*

CYANOPHYTA ALGAE OF SOME OBJECTS OF NATURAL RESERVE FUND OF THE SOUTH OF UKRAINE

In the paper the results of *Cyanophyta* algae research at Biosphere reserve «Askania-Nova» named after Falz-Fein (Kherson region, Chapel district) and local preserve «Troitskaya balka» (Zaporozhye region, Melitopol district) are presented. Systematic structure at the level of orders, families, genera, correlation of cyanobacteria life-forms are considered, their distribution in the soil surface layers is analyzed.

Key words: *Cyanophyta*, steppe biogeocenosis, Biosphere reserve, preserve.

Контроль якості навколишнього середовища з використанням біологічних об'єктів є актуальним науково-прикладним напрямком (Биологический контроль ..., 2007). Можливість використання водоростей як індикаторів природних екосистем, процесів та антропогенних явищ, що впливають на стан ґрунтового покриву доведена рядом авторів (Круглов, 1972; Некрасова, 1972; Штина, 1990; Кабиров, 1993 та ін.). Проте, залучення водоростей як екологічних індикаторів, здебільшого базується на даних отриманих при дослідженні їх в умовах природних екосистем з мінімальним впливом антропогенного чинника (Кузяхметов, 1991). До того ж, актуальним питанням екології залишається вивчення та моніторинг біорізноманіття. Тому проведення альгологічних досліджень в межах об'єктів природно-заповідного фонду (ПЗФ) характеризується доцільністю та обґрунтованістю.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Результати були отримані в ході лабораторних досліджень ґрунтових проб, відібраних весною 2010 р. на 10 пробних площах, розташованих в межах Біосферного

заповідника «Асканія-Нова» імені Ф.Е. Фальц-Фейна (Херсонська обл., Чаплинський р-н; 6 пробних площ) та заказника місцевого значення «Троїцька балка» (Запорізька обл., Мелітопольський р-н; 4 пробних площі). Відбір проб проводився пошарово за загально-прийнятою в ґрунтовій альгології методикою (Голлербах, 1969), починаючи з поверхні ґрунту до глибини 15 см, при цьому потужність кожного наступного ґрунтового шару становила 5 см. Для визначення видового складу водоростей застосовувались ґрунтові культури зі скельцями обростань (Водорості ..., 2001). Склад життєвих форм визначали у відповідності з класифікацією, розробленою Е. А. Штиною і М. М. Голлербахом (Штина, 1976; Алексахина, 1984). Для порівняння систематичного складу альгоугруповань вивчаємих біогеоценозів нами були розраховані деякі показники «пропорції флори», до яких належать середнє число видів в роді та середнє число видів в родині (Шмидт, 1984). Для оцінки ступеня схожості видового складу водоростей досліджуємих об'єктів ПЗФ було використано коефіцієнт спільності Жаккара (Грейг-Смит, 1984).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

При проведенні альгологічних досліджень на території Біосферного заповідника «Асканія-Нова» ідентифіковано 11 видів водоростей, що належать до відділу *Cyanophyta*. Встановлені види є представниками порядків *Oscillatoriales* (90,9 %) та *Nostocales* (9,1 %), які в свою чергу представлені родинami *Phormidiaceae* (54,5 %), *Pseudanabaenaceae* (36,4 %) та *Nostocaceae* (9,1 %), серед яких до провідних належать перші дві *Phormidiaceae* та *Pseudanabaenaceae* (середнє число видів в родині – 3,67). Роди *Phormidium* Kutzinger ex Gomont (45,5 %) та *Leptolyngbya* Anagnostidis et Komarek (27,3 %) визначаються як провідні, а *Microcoleus* Desmazieres ex Gomont (9,1 %), *Jaaginema* Anagnostidis et Komarek (9,1 %) та *Nostoc* Vaucher ex Bornet et Flahault (9,1 %) не перевищують показник середньої кількості видів в родах, який дорівнює 2,2.

В межах заказника місцевого значення «Троїцька балка» серед представників водоростей відділу *Cyanophyta* було відмічено 18 видів з порядків *Oscillatoriales* (88,9 %) та *Nostocales* (11,1 %), які розподілені між родинami: *Phormidiaceae* (44,4 %), *Pseudanabaenaceae* (38,9 %), *Oscillatoriaceae* (5,5 %), *Rivulariaceae* (5,5 %) та *Nostocaceae* (5,5 %) з яких провідними є *Phormidiaceae* та *Pseudanabaenaceae* (середнє число видів в родині – 3,6). Серед 6-ти представлених родів (*Phormidium* (44,4 %), *Leptolyngbya* (33,3 %), *Jaaginema* (5,5 %), *Lyngbya* C. Agardh ex Gomont 1892 (5,5 %), *Calothrix* Agardh ex Bornet et Flahault 1886 (5,5 %) та *Nostoc* (5,5 %)) провідними є *Phormidium* та *Leptolyngbya* (середнє число видів в роді – 3). Розрахований нами коефіцієнт спільності Жаккара для Біосферного заповідника «Асканія-Нова» та заказника місцевого значення «Троїцька балка» становить 38 %, що свідчить про низьку схожість флористичних списків водоростей відділу *Cyanophyta* зазначених об'єктів ПЗФ.

Попередні альгологічні дослідження степових біогеоценозів демонструють сезонну стабільність видового складу синьозелених водоростей (Шушуєва, 1984). М. Г. Шушуєва пояснювала це тим, що основний комплекс альгосінузій формують водорості, стійкі до посухи або ті, що мають широку екологічну амплітуду. До першої групи вона відносила синьозелені, а до другої – діатомові та одноклітинні зелені водорості (Шушуєва, 1984). Ствердження, щодо переважаючої ролі посухостійких синьозелених нитчаток в степових фітоценозах підтвердились і в результатах наших досліджень. Так, розподіл синьозелених водоростей за спектром життєвих форм знайшов узагальнене відображення в формулі $P_9M_1CF_1(11)$ для вивчаємих біогеоценозів Біосферного заповідника «Асканія-Нова» та $P_{16}CF_2(18)$ для біогеоценозів заказника місцевого значення «Троїцька балка», що дозволяє розглядати ксерофітні синьозелені види як основу формування флористичних списків водоростей вказаного відділу. Факт переваги водоростей Р-життєвої форми в степових біогеоценозах був підтверджений і іншими дослідженнями (Приходькова, 1977; Шушуєва, 1985).

Неоднорідність умов існування водоростей із зростанням глибини залягання ґрунтового горизонту позначається на особливостях формування альгоугруповань (Некрасова, 1972; Приходькова, 1977). Так, за результатами зведених даних, в Біосферному заповіднику «Асканія-Нова», в поверхневому шарі (0–5 см) ґрунту нараховується 10

представників синьозелених водоростей, в шарі 5–10 см – 9, а в горизонті 10–15 см – 7. При порівнянні видового складу різних ґрунтових шарів за фактом наявності/відсутності різних життєвих форм виявилась певна однорідність, яка полягає у присутності трьох життєвих форм (Р, М, CF), де домінуюче положення належить Р-формі.

У біогеоценозах заказника місцевого значення «Троїцька балка» узагальнені данні свідчать, що розподіл кількості видів по 3-м ґрунтовим шарам, починаючи з поверхні ґрунту й до глибини 15 см може бути відображений послідовним числовим рядом: 15, 17, 12, який за складом екобіоморф є більш гетерогенним ($P_{13}CF_2(15)$; $P_{15}CF_2(17)$; $P_{12}(12)$), при цьому в третьому ґрунтовому шарі (10–15 см) видовий склад формується представниками, що за екологією належать виключно до Р-життєвої форми.

ВИСНОВКИ

1. В біогеоценозах Біосферного заповідника «Асканія-Нова» та заказника місцевого значення «Троїцька балка» було виявлено 21 вид водоростей відділу *Cyanophyta*. За показниками коефіцієнта спільності Жаккара наведені флористичні списки характеризуються низькою схожістю.

2. Серед виявлених екологічних груп визначальну роль за показниками числа видів займають водорості Р-життєвої форми, що за своїми морфологічними та біологічними особливостями адаптовані до умов недостатньої зволоженості.

3. Синьозелені водорості за допомогою культуральних методів були виявлені в трьох ґрунтових шарах (від поверхні ґрунту до глибини 15 см).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Алексахина Т. И. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов / Т. И. Алексахина, Э. А. Штина. – М. : Наука, 1984. – 149 с.

Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование : учеб. пособие для студ. высш. учеб. завед. / О. П. Мехова, Е. И. Егорова, Т. И. Евсеева и др. / Под ред. О. П. Меховой и Е. И. Егоровой. – М. : Издат. центр. «Академия», 2007 – 288 с.

Водорості ґрунтів України: історія та методи досліджень, система, конспект флори / І. Ю. Костіков, П. О. Романенко, Е. М. Демченко та ін. / Под. ред. С. Я. Кондратюка, Н. П. Масюк. – К. : Фітосоціоцентр, 2001. – 300 с.

Голлербах М. М. Почвенные водоросли / М. М. Голлербах, Э. А. Штина. – Л. : Наука, 1969. – 228 с.

Грейг-Смит П. Количественная экология растений / П. Грейг-Смит. – М. : Мир, 1967. – 179 с.

Кабилов Р. Р. Альгоиндикация с использованием почвенных водорослей (методологические аспекты) / Р. Р. Кабилов // Альгология. – 1993. – Т. 3, № 3. – С. 73-85.

Круглов Ю. В. Микроскопические водоросли как индикаторы на загрязнения почв гербицидами / Ю. В. Круглов // Методы изучения и практического использования почвенных водорослей. – Киров, 1972. – С. 241-251

Кузяхметов Г. Г. Водоросли зональных почв степи и лесостепи / Г. Г. Кузяхметов // Почвоведение. – 1991. – № 9. – С. 63-72.

Некрасова К. А. Использование водорослей, как индикаторов почвенного плодородия / К. А. Некрасова // Методы изучения и практического использования почвенных водорослей. – Киров, 1972. – С. 257-264.

Приходькова Л. П. Видовой состав и численность синезеленых водорослей некоторых фитоценозов Хомутовской степи / Л. П. Приходькова // Исследование почв и почвенных режимов в степных биогеоценозах Приазовья. – Пушино: НЦБИ, 1977. – С. 64-78.

Шмидт В. М. Математические методы в ботанике : учеб. пособие / В. М. Шмидт. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. – 288 с.

Штина Э. А. Экология почвенных водорослей / Э. А. Штина, М. М. Голлербах. – М. : Наука, 1976. – 143 с.

Штина Э. А. Почвенные водоросли, как экологические индикаторы / Э. А. Штина // Ботан. журн. – 1990. – Т. 75, № 4. – С. 441-452.

Шушуева М. Г. Динамика биомассы почвенных водорослей в степных биоценозах / М. Г. Шушуева // Почвоведение. – 1984. – № 8. – С. 111-116.

Шушуева М. Г. Почвенные водоросли в биогеоценозах степной зоны Северного Казахстана / М. Г. Шушуева // Ботан. журн. – 1985. – Т. 70, № 1. – С. 23-32.

Надійшла до редколегії 06.06.11

ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСОРТИВНОЙ СТРУКТУРЫ ОСТРОВНЫХ СООБЩЕСТВ ПТИЦ

Мелитопольский государственный педагогический университет им. Б. Хмельницкого

Представлены результаты анализа консортивной структуры островных сообществ околоводных птиц. Рассмотрены топические, фабрические, форические и медиапатические связи птиц с островной растительностью. Выявлены основные факторы, которые вызывают сукцессии островной растительности под влиянием гнездовых колониальных птиц. Установлены факторы, которые обуславливают формирование сильной мозаичности растительности на островах. Проанализированы направления сукцессий растительности под влиянием средообразующей деятельности птиц для разных типов островов.

Определен характер связей между изменениями в составе островной флоры и перераспределением гнездовых видов птиц. Доказано, что длительное влияние птиц на островную растительность приводит к сокращению площадей гнездовых биотопов и снижения видового разнообразия и численности колониальных гнездовых птиц на островах.

Ключевые слова: консорция, острова, колониальные птицы, видовое разнообразие.

О. В. Мацюра

Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСОРТИВНОЇ СТРУКТУРИ ОСТРІВНИХ УГРУПОВАНЬ ПТАХІВ

Представлено результати аналізу консортивної структури острівних угруповань навколоводних птахів. Розглянуто топічні, фабричні, форичні та медіапатичні зв'язки птахів з острівною рослинністю. Встановлено основні чинники, що викликають сукцесії острівної рослинності під впливом гніздових колоніальних птахів. З'ясовано фактори, що спричиняють формування сильної мозаїчності рослинності на островах. Проаналізовано напрямки сукцесій рослинності під впливом середоутворюючої діяльності птахів для різних типів островів.

Встановлено характер зв'язків між змінами у складі острівної флори та перерозподілом гніздових видів птахів. Доведено, що тривалий вплив птахів на острівну рослинність призводить до скорочення площ гніздових біотопів та зниження видового різноманіття та чисельності колоніальних гніздових птахів на островах.

Ключові слова: консорція, острова, колоніальні птахи, видове різноманіття.

A. V. Matsyura

Bogdan Khmelnski Melitopol State Pedagogical University

RESEARCH TOPICS OF ISLAND BIRD CONSORTIA STRUCTURE

The results of the analysis of consortia structure of island waterbirds are presented. The main factors that cause island vegetation succession under the influence of colonial nesting birds are estimated. Factors that induce the formation of intense mosaic of island vegetation are determined. The patterns of the succession under influence of birds' activity were reviewed for the different types of islands.

The character of interrelations between the changes of island flora and redistribution of breeding bird species was considered. It is proved that the extended impact of birds on island vegetation leads to a reduction in habitats and breeding biotope areas as well as in species diversity and numbers of colonial breeding birds.

Key words: consortia, islands, colonial waterbirds, species diversity.

Определение структурных частей биоценоза – это не что иное, как вычленение совокупности видов, объединенных по какому-либо экологическому или ценотическому признаку. Морфологическая структура его представлена ярусами и микроценозами, функциональная структура представляет собой цепи питания или консорции, которые в различных школах принято считать популяционными или

видовыми (Беклемишев, 1951, 1970; Раменский, 1952; Мазинг, 1966; Арнольди, 1969; Ребасов, 1972; Селиванов, 1974; Голубец, 1983).

Согласно И. А. Селиванову (1974), существуют две формы консорций – первичные (с детерминантом автотрофом) и вторичные (где в качестве детерминанта консорции выступает гетеротроф). Применительно к островным сообществам птиц достоверно можно выделить вторичные консорции, так как в спектре питания птиц представлены, в основном, гетеротрофные организмы, а связи птиц с растительными ассоциациями непостоянны в силу динамичности островных систем и не могут быть представлены как постоянно существующие.

К консортивным связям птиц относятся пищевые связи (трофические); связи птиц с растительными ассоциациями – выбор гнездовых биотопов и использование растительных остатков в гнездостроении (топические и фабрические); средообразующая деятельность птиц (трансабиотические или медиапатические). Кроме этого, колониально гнездящиеся околоводные птицы островных систем выступают как активные участники межбиогeoценотических связей, будучи задействованы в наземных и водных консорциях. Являясь мобильным экзобионтом, птицы, связывая экосистемы, расположенные в двух средах обитания и влияя на существование определенных автотрофных организмов посредством медиапатических связей, выступают как агенты трансабиотических консортивных взаимоотношений (Булахов, 1966).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование было выполнено на базе Азово-Черноморской орнитологической станции института зоологии НАН Украины и Мелитопольского государственного педагогического университета. Основной материал был собран в период с 1993 по 1999 гг. В течение этого периода в мае–июле нами проводились исследования на мониторинговых участках – островах Центрального и Восточного Сиваша), островов Обиточного залива, островов Молочного лимана (Мацюра, 1998).

Выполнялось картирование островов, после их промеров устанавливались размерные характеристики площадей, занятых гнездами, обозначались доминирующие растительные ассоциации с учетом площади проективного покрытия.

Растительность изучалась маршрутным методом с последующим картированием по таким параметрам: доминирующие растительные ассоциации, видовая структура, высота растительного покрова и площадь проективного покрытия в гнездовых поселениях разного типа. Основу описания растительности определила доминантная система, проективное покрытие определялось по Л. Г. Раменскому (1952). В процессе работы был собран гербарный материал островной растительности с последующим определением (всего около 70 видов). В основу определения консортивных связей птиц был положен принцип пространственных консорций В. П. Мазинга (1966).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Трофические связи птиц

По способу добывания корма, исследуемые виды птиц могут быть подразделены на следующие группы (Колониальные гидрофильные птицы..., 1988):

1. Добывающие корм в водных и литоральных экосистемах (черноголовый хохотун, морской голубок, пестроногая крачка, малая крачка, чеграва).
2. Кормящиеся в водных и наземных биотопах (чайка-хохотунья, речная крачка).
3. Питающиеся преимущественно в наземных биотопах (черноголовая чайка, чайконогая крачка).

Взяв за основу рабочую схему биоморф М. П. Акимов (1948) и проведя биоморфический анализ чайковых птиц как наиболее значимых компонентов островных систем, мы распределили их по биоморфическим группам.

Все виды являются летающими аэробиионтами, зоофагами и охотниками.

Для более дробной классификации была использована градация по способу добывания корма, биотопической приуроченности объектов питания, а также массе птиц.

По массе птицы подразделены на порядки:

- 1 порядок (до 100 г);
- 2 порядок (100–300 г);
- 3 порядок (300–600 г);
- 4 порядок (600–1500 г);
- 5 порядок (свыше 1500 г).

Согласно этой схемы, чайковые птицы распределяются по биоморфическим группировкам следующим образом:

- черноголовый хохотун – пресноводный гидротоп 5 порядка;
- черноголовая чайка – степной эдафотоп 4 порядка;
- морской голубок – морской гидротоп 3 порядка;
- чайка-хохотунья – степной эдафотоп и морской гидротоп (политоп) 4 порядка;
- чеграва – пресноводно-морской гидротоп 4 порядка;
- чайконосная крачка – степной эдафотоп 2 порядка;
- пестроногая крачка – морской гидротоп 2 порядка;
- речная крачка – морской гидротоп и степной эдафотоп 2 порядка;
- малая крачка – морской гидротоп 1 порядка.

Топические связи птиц

В условиях экосистем растительность и гнездящиеся птицы как компоненты единого биоценоза тесно связаны между собой. И тех и других по отношению друг к другу следует рассматривать как важные биотопические факторы, влияющие как на характер распределения птиц, так и на структуру растительного покрова. Не менее важным является участие чайковых в трофических цепях с растениями через потребляемых птицами фитофагов.

В исследуемых условиях растительность следует рассматривать как основной элемент свойственного околотовидным птицам биотопа. От нее зависит пространственная структура колоний, и она играет определенную роль как строительный материал для гнезд. Флора островов представлена большим количеством видов цветковых растений, среди которых – представители псаммофитной, галофитной и степной растительности. Несмотря на большое видовое разнообразие островной растительности, для гнездящихся птиц определяющим моментом является соотношение площадей, занятых низкой травянистой и тростниковой растительностью.

К эвритопным по отношению к растительности видам относятся большой баклан, чайка-хохотунья, пестроногая крачка; в меньшей степени – речная и чайконосная крачка, морской голубок, черноголовая чайка, травник, шилоклювка.

К стенотопным видам относятся чеграва, малая крачка, ходулочник, черноголовый хохотун, причем такие виды как черноголовая чайка и травник избегают гнездиться на участках, лишенных растительности, а чеграва и черноголовый хохотун располагают свои колонии на песчаных участках, поэтому состояние окружающей их растительности не имеет существенного значения.

Наиболее предпочитаемые гнездовые биотопы – это участки с разреженной растительностью. Заросли тростника, как гнездовые станции, используются чайкой-хохотуньей и большим бакланом. Величина проективного покрытия и высота растительного покрова имеют основное значение при выборе мест колоний.

Так, для чайковых птиц наиболее характерны биотопы с проективным покрытием 80–90 % и высотой 10–15 см. Флористическое ядро составляют два-три вида, участие эдификатора – 30–40 %. В других колониях проективное покрытие составляет 50–60 %, но высота растений достигает 45–50 см, т.е. наблюдается обратная зависимость между величиной проективного покрытия и высотой растительного покрова. И, наконец, в зарослях тростника высота растительности достигает 0,5–1,5 м, а площадь проективного покрытия составляет 85–100 %.

Основными факторами, определяющими распределение колоний птиц на островных системах, являются площадь проективного покрытия и высота растительного покрова, а также соотношение участков с тростниковой и травянистой растительностью. Помимо абиотических факторов – волновая и ветровая эрозия, подвижки льда, соленость и гидрологический режим водоемов, имеет место и влияние птиц на растительность посредством вытаптывания и воздействия через продукты жизнедеятельности – гуано, остатки пищи. Островные системы материкового происхождения имеют более устойчивые фитоценозы и сообщества птиц.

Соотношение площадей, пригодных и непригодных для гнездования в значительной мере определяет видовое разнообразие и успех размножения. Чайки, крачки и кулики (колонияльные виды) избегают гнездования в тростниковых болотах, при этом их площадь постоянно увеличивается из года в год. Несмотря на то, что тростниковые биотопы на островах характеризуются своим спектром видов, гнездящихся дисперсно, количество видов и их численность невелика. Кроме этого, на низких аккумулятивных островах развитию тростниковых ассоциаций препятствуют шторма, а в годы сильного ледохода – подвижки льда.

Довольно мощным фактором, определяющим распределение и численность птиц на островах, является сукцессия растительности. Сначала появляются пионерные виды растительности, заселяющие новообразованные острова. Под влиянием атмосферной воды, ветровой эрозии, гуано колонияльных видов птиц, содержащего соединения фосфора и азота, образовывается первичный грунт, на котором, в зависимости от степени засоления и высоты острова, дальнейшее развитие островной растительности идет в сторону появления степных, псаммофитных, литоральных и луговых видов.

Такой сукцессионный ряд характерен для растительности островов, имеющих большую площадь, значительную высоту (более метра) над уровнем воды и, следовательно, менее подверженным влиянию гидрологического режима. Для данного региона это материковые острова или высокие острова аккумулятивного происхождения.

На низких аккумулятивных островах, где основные факторы, определяющие развитие островной растительности – влияние птиц, волновой и ветровой режим, подвижки льда – преобладает галофитная растительность, описанный выше сукцессионный ряд не наблюдается.

Проективное покрытие и высота растительности для ряда колонияльных видов птиц – основной фактор распределения. Так, высокие растительные ассоциации, которые появились на аккумулятивных и материковых островах Центрального и Восточного Сиваша, стали причиной исчезновения многих колоний чаек и крачек. Поливидовые колонии трансформировались в двувидовые – чайки-хохотуньи и большого баклана. Прослеживается и обратный эффект от колонияльного поселения птиц, при котором за счет воздействия продуктов жизнедеятельности происходит интенсивное развитие растительности: через 2–3 года эти участки не могут быть использованы как гнездовые биотопы. Возможно, что одним из определяющих факторов, который влияет на растительность, является материнская порода, которая попадает на острова во время сильных ураганов.

Фабрические связи птиц

Согласно типам использования растительности для постройки гнезд, колонияльно гнездящихся птиц островных систем можно разделить на три группы:

1) чеграва и пестроносая крачка характеризуются отсутствием какой-либо выстилки в гнезде, лишь очень редко можно обнаружить выстилку в виде исключения. Для этой группы птиц фабрические связи определить очень сложно;

2) чайконосая крачка, речная крачка, малая крачка характеризуются наличием растительной подстилки в гнездах, однако в большинстве случаев она определяется топическими связями этих птиц, в силу того, что строительный материал птицы собирают непосредственно у гнезд;

3) данная группа птиц характеризуется определенной избирательностью при выборе растительности для постройки гнезд, причем часто строительный материал добывается на определенном удалении от гнездовых биотопов. К этой группе птиц относятся чайка-хохотунья, черноголовая чайка, черноголовый хохотун, морской голубок.

Медиапатические связи птиц

Согласно наблюдениям ряда авторов (Бреслина, 1969; Семаго, 1975; Сихин, 1977), в результате выделения птицами продуктов жизнедеятельности – гуано, остатков пищи, содержащих такие соединения как фосфаты и нитриты, различные соединения калия и кальция, происходит увеличение биомассы зоогенной растительности: кермека Мейера, сведы стелющейся, аргузии сибирской, клоповника широколистного. Под зоогенной (орнитогенной, орнитофильной, орнитокопрофильной) растительностью понимают растения, появляющиеся в непосредственной близости от колоний птиц (Семаго, 1975; Сихин, 1977; Татаринкова, 1967). По некоторым данным, количество нитратов в почве повышается в 100 раз, если колония чаек состоит из нескольких сотен пар, а содержание фосфора – в 2,5 раза (Семаго, 1975).

Некоторые специфические связи, присущие отношениям в системе «птицы-растительность»: вытапывание, воздействие гуано классифицированы как экзобионтные и типично медиапатические отношения. Такие отношения, когда прямые контактные связи не выступают прямо, а проявляется восприятие одним организмом условий среды, созданных деятельностью других, В. Н. Сукачев (1964) определил как трансабиотические.

Характер распределения растительности на островах во многом зависит от происхождения острова и определяется типом почвообразовательной породы, высотой и размерами острова, соленостью и гидрологическим режимом водоема. Кроме того, видовой состав гнездящихся птиц оказывает определенное влияние на растительную биомассу островов и вызывает сокращение видового состава островной флоры.

Так, колонии морского голубка и пестроносой крачки в силу большой плотности гнездования и значительного количества экскрементов угнетают растительность вытапыванием и «сжиганием» ее посредством чрезмерного количества неорганических соединений, находящихся в гуано. В меньшей степени флора подвержена влиянию чайконосой, речной, малой крачек и черноголового хохотуна. Незначительная плотность гнездования и умеренное количество продуктов метаболизма, присущие этим видам, способствуют нормальному развитию растений.

ВЫВОДЫ

1. Основными причинами растительных сукцессий на островах, вызываемых деятельностью птиц, являются:

- механическое влияние птиц на почвы путем вытапывания и разрыхления, что обеспечивает расселение слабоконкурентных растений, предпочитающих свободную от других видов почву;

- изменение химического состава почвы под влиянием помета.

2. В колониях, существующих длительный период времени, чайки перестают гнездиться на участках со сплошной сомкнутой (первичной орнитофильной) растительностью, что приводит к постепенному обеднению субстрата, исчезновению растений-орнитофилов и формированию нитрофильных растительных сообществ.

3. Орнитокопрофильная растительность островов характеризуется бедным видовым составом и интенсивным ростом некоторых растений. Воздействие гуано неодинаково на разных расстояниях от гнезд, что объясняет возникновение сильной мозаичности растительности и формирование своеобразных группировок растений на островах.

4. При высокой численности таких видов, как большой баклан, чайка-хохотунья, морской голубок, чайконосная крачка при сильном воздействии ветровой и волновой эрозии на невысоких островах происходит постепенное угнетение островной растительности. На высоких аккумулятивных и материковых островах наблюдается увеличение площади проективного покрытия островной растительности, изменение соотношения площадей, занятых низкой и высокой растительностью.

5. Изменения в видовом составе островной флоры являются одной из причин, влияющих на перераспределение гнездящихся видов птиц. В большей степени это характерно для аккумулятивных островов, которые наиболее подвержены ветровой и волновой эрозии, воздействиям движения льда и колебаний уровня воды. Деградация высокорослой растительности, увеличение или уменьшение тростниковых площадей, изменения в соотношении участков, занятых растительностью, и открытых частей острова – эти и другие сукцессионные изменения приводят к исчезновению старых и появлению новых видов на гнездовании.

6. Длительные воздействия птиц на островную растительность приводят к сокращению площадей гнездовых биотопов, что, в свою очередь, снижает видовое разнообразие и численность колониально гнездящихся видов птиц.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Акимов М. Л.** Биоценологическая рабочая система жизненных форм – биоморф / М. Л. Акимов // Сборник работ биол. ф-та ДГУ. – 1948. – Т. 30. – С. 61-63.
- Ардамацкая Т. Б.** Влияние массовых колоний птиц на растительность и животное население острова Орлова / Т. Б. Ардамацкая // Структура и функционально-биогеоценологическая роль животного населения суши. – М.: Наука, 1967. – С. 113-114.
- Арнольди Л. В.** Консорции и типы консортивных связей / Л. В. Арнольди, И. В. Борисова, И. С. Сколон // Биоконсортная характеристика основных ценообразователей Центрального Казахстана. – Л.: Наука, 1969. – С. 21-26.
- Беклемишев В. Н.** О классификации биоценологических (симфизиологических) связей / В. Н. Беклемишев // Бюллетень МОИП, отд. биол. – 1951. – Т. 61. – С. 3-30.
- Беклемишев В. Н.** Биоценологические основы сравнительной паразитологии / В. Н. Беклемишев. – М.: Наука, 1970. – С. 90-139.
- Бреслина И. П.** Развитие растительности под влиянием жизнедеятельности колониальных птиц / И. П. Бреслина, В. Н. Карпович // Ботанический журнал. – 1969. – 54. – № 5. – С. 690-696.
- Бреслина И. П.** Роль морских колониальных птиц в становлении растительности мелких островов Кандалашского залива Белого моря / И. П. Бреслина // Проблемы биосферы. – М., 1981. – № 2. – С. 27-28.
- Булахов В. Л.** Консортивные связи в средообразующей деятельности позвоночных животных в степных лесах СССР / В. Л. Булахов // Значение консортивных связей в организации биоценозов: Материалы II Всесоюзного совещания по проблеме изучения консорций. – Пермь, 1966. – С. 276-277.
- Голубець М. А.** Консорція як елементарна екологічна система / М. А. Голубець, Ю. М. Чернобай // Укр. бот. журнал. – К.: Наук. думка, 1983. – Т. 60. – С. 23-27.
- Данилов Н. Н.** Исследование биоценологической роли птиц / Н. Н. Данилов // Мат-лы VII Всесоюзной орнитол. конф. – М.: Изд. Моск. ун-та, 1974. – С. 59-62.
- Дылис Н. В.** О структуре консорций / Н. В. Дылис // Журнал общей биологии. – 1973. – № 4. – С. 575-580.
- Колониальные гидрофильные** птицы юга Украины. Ржанкообразные / В. Д. Сиохин, И. И. Черничко, Т. Б. Ардамацкая и др. – К.: Наук. думка, 1988. – 174 с.
- Мазинг В. П.** Консорции как элементы функциональной структуры биоценозов / В. П. Мазинг // Труды МОИП. – 1966. – Т. 27. – С. 117-126.
- Мацюра А. В.** Зависимость распределения колониальных птиц от характера растительного покрова на островах Сиваша и побережья Азовского моря / А. В. Мацюра // Материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию заповедника Асканийских степей. – К.: Киевское книжное издательство научной книги, 1998. – С. 292-294.
- Работнов Т. А.** О консорциях / Т. А. Работнов // Бюллетень МОИП, отд. биол. – 1969. – Т. 74 (4). – С. 110-115.

- Раменский Л. Г.** О некоторых принципиальных положениях современной геоботаники / Л. Г. Раменский // Ботан. журн. – 1952. – Т. 37. – С. 181-201.
- Ребасоо Х.-Э.** Формирование растительного покрова морских островков Западной Эстонии / Х.-Э. Ребасоо // Ботан. журн. – 1972. – № 12. – С. 1525-1532.
- Ребасоо Х.-Э.** Биоценозы островков восточной части Балтийского моря, их состав, классификация и сохранение / Х.-Э. Ребасоо. – Таллинн : Валгус, 1987. – 545 с.
- Селиванов И. А.** Некоторые вопросы учения о консорциях / И. А. Селиванов // Ученые записки Пермского пединститута. – 1974. – Т. 133. – С. 3-14.
- Семаго Л. Л.** К вопросу о средообразующей деятельности колониальных и стайных птиц / Л. Л. Семаго // Проблемы изучения и охраны ландшафтов. – Воронеж, 1975. – № 2. – С. 45-47.
- Сиохин В. Д.** Некоторые факторы, воздействующие на островные орнитокомплексы / В. Д. Сиохин // Материалы VII Всесоюзной орнитологической конференции. – К. : Наук. думка, 1977. – С. 321-322.
- Сукачев В. Н.** Основные понятия лесной биогеоценологии / В. Н. Сукачев // Основы лесной биогеоценологии. – М. : АН СССР, 1964. – 575 с.
- Татаринкова И. П.** О влиянии птиц на растительность острова Б. Айнова (Западный Мурман) / И. П. Татаринкова // Материалы совещания по структуре и функционально-биологической роли животного населения суши. – Москва, 1967. – С. 111-112.

Надійшла до редколегії 23.06.11

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ПОЧВ
(НА ПРИМЕРЕ г. МАРИУПОЛЯ)***Мелитопольский государственный педагогический университет им. Б. Хмельницкого*

С целью определения биохимической характеристики почв Северного Приазовья, которые находятся под влиянием техногенной нагрузки проведены исследования урбанизированных территорий г. Мариуполя. Изучена уреазная активность почв. Обнаружена связь содержания уреазы с количеством минерального азота. По результатам исследований численности альгобактериальных сообществ антропогенно-нарушенных почв отмечено изменение их численности в сторону снижения. Изменение показателей биологической активности может служить степенью антропогенного воздействия на почвы.

Ключевые слова: урбанизированные почвы, водоросли, бактерии, численность, уреазная активность.

О. Г. Шеховцева

*Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б.Хмельницького***БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ УРБАНІЗОВАНИХ ҐРУНТІВ
(НА ПРИКЛАДІ м. МАРІУПОЛЯ)**

З метою визначення біохімічної характеристики ґрунтів Північного Приазов'я, які перебувають під впливом техногенного навантаження, проведені дослідження урбанізованих територій м. Маріуполя. Вивчена уреазна активність ґрунтів. Виявлено зв'язок вмісту уреазы з кількістю мінерального азоту. За результатами досліджень чисельності альгобактеріальних угруповань антропогенно-порушених ґрунтів відмічені зміни їх чисельності в бік зниження. Зміна показників біологічної активності може служити ступенем антропогенної дії на ґрунти.

Ключові слова: урбанізовані ґрунти, водорості, бактерії, чисельність, уреазна активність.

O. G. Shekhovtseva

*Melitopol State Pedagogical B. Khmelnytsky University***BIOLOGICAL ACTIVITY OF THE URBANIZED SOILS OF MARIUPOL**

The studies have been conducted with the purpose of biochemical characteristic's determination of soils of the Northern Pryazovye which are under the influence of technogenic loading. The urease activity of soils has been studied. Relations of urease with a group of nitrogen have been found out. On the findings of the quantity of algomicroflora of urbanized soils research the change of quantity is marked on the whole toward a decline. The change of integral indexes of biological activity can serve as the degree of the anthropogenic affecting soils.

Key words: urbanized soils, algae, bacteria, quantity, urease activity.

Почва – компонент экосистемы, который является неотъемлемой составляющей биогеоценозов биосферы с многочисленными химико-биологическими связями. Важнейшую роль в формировании и поддержке физико-химических свойств почвы играют живые организмы (Добровольский, 1990).

Жизнедеятельность биоты осуществляется благодаря биологической активности комплекса ферментативных систем, обеспечивает интенсивность и направленность многих биохимических процессов, связанных как с превращением веществ и энергии в процессе аккумуляции органического вещества, определяющего почвенное плодородие, так и биосферных процессах в целом (Звягинцев, 2005).

На урбанизированных территориях возможны изменения активности ферментов почв в результате действия тяжелых металлов (Рылова, 2005), нефтепродуктов (Киреева, 2001), электромагнитных излучений (Сарокваша, 2005) и др. воздействий. Использование количественных показателей почвенных ферментов при оценки

общей биоактивности и плодородия почв дает возможность судить об интенсивности биологических и экологических процессов в верхнем слое почв.

Ферменты отличаются строгой специфичностью действия и высокой активностью, которые зависят от многих факторов: температуры, pH, минерального состава, физико-химических и биологических показателей почв. Их активность отражает интенсивность процессов самоочищения почвы, разложения органических соединений азота, фосфора, углерода (Берестецкий, 1984), а также степени её загрязнения (Рылова, 2005).

Почва г. Мариуполя подвергается интенсивному антропогенному влиянию и служит звеном в циркуляции промышленных токсикантов (Шеховцева, 2010). На фоне антропогенного фактора возможно изменение физико-химических свойств почв, работы ферментных комплексов, изменение среды обитания водорослей и бактерий, что оказывает влияние на их развитие и реакции при усилении антропогенного давления.

Численность альгобактериальных сообществ можно использовать как экологический показатель антропогенно-изменённых почв в комплексе с другими химико-биологическими данными (Звягинцев, 2005; Штина, 1976).

Поэтому целью работы является изучение ферментативной активности на примере уреазы, наряду с другими показателями: общей численностью альгобактериального сообщества, количеством почвенного азота, что может быть надежным диагностическим показателем экологического состояния урбанизированных почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования в данной работе являются почвы Северного Приазовья в пределах Донецкой области. Почвенные образцы отбирались методом конверта в апреле 2009 г. с поверхностного слоя 0–10 см, высушивались и просеивались через сито с диаметром отверстий 2 мм, предварительно определялась влажность почвы, для последующего пересчета показателей численности водорослей и бактерий на массу сухой почвы. Исследования проводились при 3-х кратном повторе.

Пробные площадки условно фоновых, зональных почв были заложены в искусственных дубовых насаждениях лесничества «Азовская дача» (1) урбанизированных территорий г. Мариуполя, находящиеся под техногенным влиянием промузла «Азовмаш» (2), металлургических комбинатов им. Ильича (3), «Азовсталь» (4), центральной части города (5), окрестности города вдоль автомагистралей пгт. Володарское (6) и пгт. Мангуш (7).

Проведены следующие исследования почв: аммонийного азота – фотоколориметрическим методом с реактивом Несслера; нитратного азота – по методу Грандваль-Ляжу (Аринушкина, 1970).

Уреазная активность почвы определялась общепринятым методом по Щербаковой (Булатов, 1999). Выделение микроорганизмов из почвенных образцов и учет общей численности (ОМЧ) проводились методом предельных разведений почвенного посева на агаровые стерильные питательные среды (Федорец, 2009). Для определения количества клеток водорослей использовался метод прямого счета (Штина, 1976). Количество водорослей и микроорганизмов пересчитывались на 1 г сухой почвы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Биологическая активность почв заслуживает особого внимания. Водоросли и бактерии составляют постоянную и активную часть почвенной биоты, связанную со всеми ее элементами, сложными взаимодействиями и принимают участие в различных процессах, происходящих в почве. Почвенные организмы не только повышают плодородие почв, но и являются индикаторами (Штина, 1976).

Особенности формирования альгобактериальных ценозов при эколого-биологической оценке эдафотопов урбандшафтов позволяют изучить влияние техногенеза на почвенную биоту. Прежде всего, потому, что она способна чутко реагировать на смену экологических условий среды обитания (Звягинцев, 2005).

В качестве диагностики загрязнения почв используются показатели ферментов группы оксидоредуктаз. Среди гидролаз особое внимание уделяется уреазе, уровень её активности диагностирует интенсивность и направленность почвообразовательных процессов с участием различных групп микроорганизмов и накопленных в

почве ферментов, как в естественных условиях, так и при различных антропогенных воздействиях на почву (Гончар, 2006).

Исследования ферментативной активности в антропогенно-измененных почвах, говорят о том, что под воздействием техногенной нагрузки на почву активность инвертазы, уреазы (Гончар, 2006), целлюлазы, дегидрогеназы, полифенолоксидазы (Рылова, 2005; Сарокваша, 2005) изменяется в сторону снижения. Наши данные показали, что уреазная активность в почвах урбанизированных территорий в 2,5–3 раза меньше, чем в фоновых.

Основные показатели биологической активности почвы исследованных площадок представлены в таблице. Минимальные значения уреазной активности ($4,3\text{--}4,7 \text{ мкгN-NH}_4$) в поверхностном горизонте почв наблюдаются на территориях, находящихся возле металлургических комбинатов (пробные площадки № 3, 4). При этом снижена как общая численность бактерий ($0,02\text{--}1,2$ млн. КЕО), так и водорослей ($13,5\text{--}14,2$ тыс. кл.).

Показатели биологической активности почв г. Мариуполя (2009 г.)

Пробные площадки	Обменный аммоний N-NH ₄ , мг/кг	Азот нитратный, N-NO ₃ , мг/кг	Уреазы, мкг N-NH ₄	ОМЧ, млн. КЕО/г почвы	Численность водорослей, тыс.кл. /г почвы
1	5,6	2,45	12,44	12,04	15,56
2	3,5	2,8	11,01	2,64	12,65
3	1,7	3	5,73	0,02	13,51
4	2,2	3,2	4,73	1,23	14,2
5	2	3,3	4,29	10,17	8,44
6	2,7	2,8	12,44	7,69	32,56
7	12,3	2,7	14,75	1,8	21,49

Показатели уреазы и обменного аммония резко снижаются в почвах, находящихся под техногенным влиянием промпредприятий города. Ассимиляция азота из органических веществ, как факультативная форма азотного питания особенно характерна для почвенных водорослей (Шеховцева, 2010) и микроорганизмов (Берестецкий, 1984; Звягинцев, 2005).

Фермент уреазы, с действием которой осуществляется метаболизм азотсодержащих соединений в почве, катализирует гидролиз мочевины до аммиака и углекислого газа, вызывая гидролитическое расщепление связи между азотом и углеродом в молекулах органических веществ (Берестецкий, 1984). Для выявления взаимосвязи показателей биологической активности просчитаны коэффициенты корреляции. Установлено, что количественные показатели уреазы коррелируют с содержанием азота нитратного ($-0,88$), аммонийного азота ($0,74$), гумуса ($0,68$) и численностью водорослей ($0,63$).

Отсюда следует, что численность почвенных альгобактериальных сообществ прямо или косвенно связана с уровнем уреазной активности, предположительно за счет иммобилизации азота в микробной биомассе (Рылова, 2005). Причем эта связь двусторонняя, уреазы влияет на трансформацию химических компонентов почвы, но и химический состав почвы может способствовать или препятствовать как в сторону её повышения, так и понижения.

Важными показателями изменения состояния биологических систем является изменение численности почвенной микробиоты. В исследуемой почве отмечено преобладание численности бактерий по сравнению с водорослями. При этом на численность в почве бактерий и водорослей оказывает влияние накопление промышленных токсикантов, специфические взаимодействия между водорослями и бактериями, в том числе, антагонистические (Глаголева, 1992; Шанда, 2006).

ВЫВОДЫ

1. Активность уреазы в урбанизированных почвах г. Мариуполя в 2,5–3 раза ниже, чем в фоновых.

2. В почвенных образцах, взятых с урбанизированных территорий, прослеживаются увеличение количества азота нитратного при снижении показателей обменного аммония и уреазной активности.

3. Антропогенная нагрузка на городские почвы снижает интенсивность биологических процессов, что может служить показателем антропогенного воздействия на почвы. Установлена корреляционная связь количественных показателей уреазы с содержанием гумуса, минерального азота и численностью альгосинузий. Коэффициент корреляции для уреазы и азота нитратного составляет $-0,88$; уреазы и азота аммонийного $-0,74$; уреазы и гумуса $-0,68$; уреазы и численности водорослей $-0,63$.

4. Чувствительными к антропогенному воздействию являются альгобактериальные сообщества. В почвах, расположенных в районе эмиссий поллютантов Мариупольского металлургического комбината имени Ильича, «Азовсталь», прослеживается снижение численности альгобактериальных сообществ, угнетение уреазной активности, увеличение количества нитратного азота, что приводит к изменению физико-химических и биологических процессов в почвенном профиле и деградации почв.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М. : Изд-во Москва, ун-та, 1970. – 487 с.

Берестецкий О. А. Биологические основы плодородия почвы / О. А. Берестецкий, Ю. М. Возняковская, Л. М. Доросинский. – М. : Колос, 1984. – 287 с.

Булатов А. И. Справочник инженера-эколога нефтедобывающей промышленности по методам анализа загрязнителей окружающей среды / А. И. Булатов, П. П. Макаренко, В. Ю. Шеметов: в 3 ч. – М. : ООО «Недра-Бизнесцентр», 1999. – Ч. 2: Почва. – С. 581-585.

Глаголева О. Б. Взаимодействие водорослей и бактерий-спутников в ассоциативных культурах / О. Б. Глаголева, Г. М. Зенова, Т. Г. Добровольская // Альгология. – 1992. – Т. 2, № 2. – С. 57-63.

Гончар Н. В. Інвертазна активність як показник ступеня окультуреності едафотопів техногенних ландшафтів / Н. В. Гончар // Грунтознавство. – 2006. – Т. 7, № 3-4. – С. 128-132.

Добровольский Г. В. Функции почв в биосфере и экосистемах / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. – М. : Наука, 1990. – 261 с.

Звягинцев Д. Г. Биология почв: Учебник / Д. Г. Звягинцев, И. П. Бабьева, Г. М. Зенова. – М. : Изд-во МГУ, 2005. – 445 с.

Киреева Н. А. Фенолоксидазная активность нефтезагрязненных почв / Н. А. Киреева, Г. Ф. Ямалетдинова // Вестник Башкирского ун-та. – 2001. – № 1. – С. 48-51.

Рылова Н. Г. Изменение целлюлазной активности почв в результате загрязнения тяжелыми металлами / Н. Г. Рылова, Н. Ф. Степуть // Вестник Удмурдского университета. Серия Биология. – 2005. – № 10. – С. 65-70.

Самохвалова В. Л. Аналіз стану забруднених важкими металами ґрунтів за окремими біохімічними показниками / В. Л. Самохвалова, А. І. Фатеев, О. Є. Найдюнова // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія. – 2008. – № 22. – С. 143-151.

Сарокваша О. Ю. Влияние электромагнитного излучения ЛЭП-35 кВ и ЛЭП-110 кВ на активность уреазы почвы / О. Ю. Сарокваша, Ю. П. Фролов // Вестник СамГУ. Естественнонаучная серия. – 2005. – Т. 37, № 3. – С. 207-210.

Федорец Н. Г. Методика исследования почв урбанизированных территорий / Н. Г. Федорец, М. В. Медведева. – Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2009. – 84 с.

Шанда Л. В. Трофотоп як об'єкт теорії степового лісознавства, ґрунтознавства та загальної екології / Л. В. Шанда // Грунтознавство. – 2006. – Т. 7, № 1-2. – С. 43-47.

Шеховцева О. Г. Аэротехногенное изменение химических показателей поверхностного горизонта почв – основного места существования почвенных водорослей (на примере урбоэкосистем г. Мариуполя) / О. Г. Шеховцева, И. А. Мальцева // Грунтознавство. – 2010. – Т. 11, № 1-2. – С. 91-96.

Штина Э. А. Экология почвенных водорослей / Э. А. Штина, М. М. Голлербах. – М. : Наука, 1976. – 144 с.

Надійшла до редколегії 02.06.11

ХАРАКТЕРИСТИКА ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ПЕЛОИДАХ ЗАСОЛЕННЫХ АМФИБИАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО БАСЕЙНА

Мелитопольский государственный педагогический университет им. Б. Хмельницкого

Рассмотрена характеристика гумусовых веществ пелоидов засоленных амфибиальных участков Бердянской косы и Арабатской стрелки. Показано, что состав гумусовых веществ пелоидов аналогичен составу лечебных грязей, но отличается содержанием гуминовых кислот, фульвокислот и гумина.

Ключевые слова: засоленные амфибиальные участки, пелоиды, гумусовые вещества.

А. М. Солоненко

Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького

ХАРАКТЕРИСТИКА ГУМІНОВИХ РЕЧОВИН У ПЕЛОЇДАХ ЗАСОЛЕНИХ АМФІБІАЛЬНИХ ДІЛЯНОК АЗОВО-ЧОРНОМОРСЬКОГО БАСЕЙНУ

Розглянуто характеристику гумусових речовин пелоїдів засолених амфібіальних ділянок Бердянської коси та Арабатської стрілки. Показано, що склад гумусових речовин пелоїдів аналогічний складу лікувальних грязей, але відрізняється вмістом гумінових кислот, фульвокислот та гуміну.

Ключові слова: засолені амфібіальні ділянки, пелоїди, гумусові речовини.

A. N. Solonenko

Melitopol State Pedagogical University named by Bohdan Khmelnytskyi

THE CHARACTERISTICS OF PELOIDS' HUMUS MATTERS IN THE SALTED AMPHIBIAN AREAS OF THE AZOV-BLACK SEA BASIN

The article deals with the characteristics of peloids' humus matters in the salted amphibian areas of the Berdyansk foreland and the Arabat spit. The author proves that the composition of peloids' humus matters is similar with the one of therapeutic muds, but is different as for content of fulvic acid and humin.

Key words: the salted amphibian areas, peloids, humin matters.

В природе наиболее распространены пелоиды, образующиеся вследствие осадконакопления в соленых водоемах и болотах. Условия накопления определяют образование различных по составу и свойствам пелоидов, отличающихся друг от друга содержанием как минеральных, так и органических компонентов. На засоленных амфибиальных участках побережья Азово-Черноморского бассейна встречаются пелоиды, которые согласно общепринятой классификации (Лобода, 1999), по своему составу относятся к высокоминерализованным сульфидным пелоидам приморского типа.

Органическое вещество пелоидов представлено сложной системой специфических (гумусовых) и неспецифических соединений, находящихся в свободном состоянии или связанном (химически, адсорбционно) с минеральными компонентами. Органическое вещество состоит из смеси растительных и животных остатков, продуктов различной стадии их распада, а также веществ, синтезированных из продуктов распада (Косьянова, 1985). Одними из важнейших компонентов органического вещества пелоидов являются гумусовые вещества (гумус). В составе гумусовых веществ выделяют: 1) гумусовые кислоты; 2) гумин – практически нерастворимое и не извлекаемое из природных тел органическое вещество (Орлов, 1990; Горовая, 1995). Гумусовые кислоты – класс высокомолекулярных органических азотсодержащих оксикислот с бензойным ядром, входящих в состав гумуса и образующихся в процессе гумификации. По сумме признаков – элементному составу,

растворимости и диапазону молекулярных масс – выделяют две совокупности гумусовых кислот: а) гуминовые кислоты – группа темноокрашенных гумусовых кислот, растворимых в щелочах и нерастворимых в кислотах; б) фульвокислоты – группа гумусовых кислот, растворимых в воде, щелочах и кислотах (Гуминовые вещества., 1993; Милановский, 2009).

Исследования в области гумусовых веществ пелоидов ведутся на протяжении многих лет (Косьянова, 1985; Милановский, 2009; Гуминовые вещества., 1993; Дударчик, 1997), т.к. биологическая активность пелоидов в значительной мере обусловлены наличием в них веществ данной группы. Поэтому состав гумусовых кислот, выделенных из различных пелоидов является специфичным и влияет на биологические свойства пелоидов (Косьянова, 1985). В связи с этим целью данного исследования являлось определение состава гумусовых веществ пелоидов засоленных амфибиальных участков Азово-Черноморского бассейна.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объекта исследований использовали пелоиды засоленных амфибиальных участков, расположенных на Бердянской косе вблизи озера Красное и на Арабатской стрелке вблизи озера Зябловское.

Определение гумуса проводили по методу Никитина с колориметрическим окончанием по Орлову-Гридель (Практикум., 2001). Гумусовые кислоты выделяли из пелоидов по методике, описанной Д. С. Орловым для почвенных гумусовых кислот, которая исключает их нагрев в процессе выделения (Орлов, 1985). Сущность метода заключается в декальцировании пелоида разбавленными кислотами, экстракции разбавленными растворами щелочей гумусовых кислот и их разделении путём подкисления щелочного раствора до pH 1–2. Выпавшие в осадок гуминовые кислоты промывали проточной водой до pH – 5,5. Кислый фильтрат после отделения гуминовых кислот пропускали через активированный уголь. Снятие фульвокислот с активированного угля проводили по методике А. А. Юхнина и Д. С. Орлова (1972). Количественное определение содержания гумусовых кислот в пелоидах проводили спектрофотометрическим методом, применяемым в почвенных исследованиях (Орлов, 1981). Опыт проводили в трехкратной повторности. Результаты статистически обрабатывались. Полученные результаты превышали 95 % уровень значимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание гумуса в пелоидах амфибиальных участков Бердянской косы в 2–2,3 раза больше, чем на аналогичных участках Арабатской стрелки (таблица). При этом содержание углерода в гумусе пелоидов Бердянской косы несколько выше (0,89 %), чем в пелоидах Арабатской стрелки (0,38 %). Вероятно, гумус пелоидов Арабатской стрелки по сравнению с пелоидами Бердянской косы более обогащен алифатическими структурами.

Групповой состав гумусовых веществ пелоидов

Исследуемый объект	Общее кол-во гумуса, %	С общее, %	С гуминовых кислот		С фульвокислот		С неразложившегося остатка	
			% к сухому веществу	% к общему С	% к сухому веществу	% к общему С	% к сухому веществу	% к общему С
Бердянская коса	1,54±0,03	0,89±0,02	0,63±0,02	24,8±0,5	0,66±0,02	26,6±0,5	1,20±0,02	48,6±0,5
Арабатская стрелка	0,66±0,02	0,38±0,01	1,04±0,03	32,9±0,6	0,55±0,02	17,3±0,4	1,55±0,03	49,8±0,5

В ходе исследований установлено, что содержание гуминовых кислот в пелоидах Арабатской стрелки в среднем в 1,1–3,5 раза больше чем в пелоидах

Бердянской косы. По этому показателю пелоиды Арабатской стрелки близки пелоидам Тамбуканского озера (Пятигорск, Россия) и пелоидам Чокракского озера (Керчь, Украина). Кроме того, гуминовые кислоты пелоидов по составу приближаются к гуминовым кислотам торфов и сапропелей (Косьянова, 1985). По содержанию фульвокислот пелоиды Арабатской стрелки и Бердянской косы значительно превышают аналогичный показатель пелоидов Тамбуканского озера, где они составляют 0,20 %, и пелоидов Чокракского озера – 0,30 %. Схожая ситуация наблюдается и с содержанием гумина.

Таким образом, в пелоидах засоленных амфибиальных участков Бердянской косы и Арабатской стрелки формируется система гумусовых веществ во многом аналогичная таковой в пелоидах, которые широко используются в лечебной практике, но отличающаяся содержанием фульвокислот и гумина.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Горовая А. И.** Гуминовые вещества / А. И. Горовая, Д. С. Орлов, О. В. Щербенко. – К. : Наук. думка, 1995. – 304 с.
- Гуминовые вещества** в биосфере / Под ред. Д. С. Орлова. – М. : Наука, 1993. – 238 с.
- Дударчик В. М.** Структура и свойства водорастворимых гуминовых веществ торфа / В. М. Дударчик // Химия твердого топлива. – 1997. – № 2. – С. 23-27.
- Косьянова З. Ф.** Химическая характеристика и биологическая активность гумусовых кислот некоторых лечебных грязей. Дис. ... канд. биологические науки : 04.00.03. – биогеохимия / З. Ф. Косьянова. – Пятигорск, 1985. – 161 с.
- Лобода М. В.** Курортні ресурси України / М. В. Лобода. – К. : ЗАТ «Укрпрофоздоровниця», «ТАМЕД», 1999. – 334 с.
- Милановский Е. Ю.** Гумусовые вещества почв как природные гидрофобно-гидрофильные соединения / Е. Ю. Милановский. – М. : Геос. 2009. – 186 с.
- Орлов Д. С.** Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов. – М. : МГУ, 1990. – 325 с.
- Орлов Д. С.** Практикум по химии гумуса / Д. С. Орлов, Л. А. Гришина. – М. : МГУ, 1981. – 271 с.
- Орлов Д. С.** Химия почв / Д. С. Орлов. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1985. – 376 с.
- Практикум по агрохимии:** Учеб. пособие / Под ред. В. Г. Минеева. – М. : Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
- Юхнин А. А.** Фракционирование фульвокислот на угле / А. А. Юхнин, Д. С. Орлов // Научные доклады высшей школы. Биол. науки. – 1972. – № 5. – С. 138-141.

Надійшла до редколегії 14.06.11

ДИНАМІКА РОСЛИННОСТІ КОСИ БІРЮЧИЙ ОСТРІВ (ХЕРСОНСЬКА ОБЛ.)

¹Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України

²Таврійський державний агротехнологічний університет

Охарактеризовано рослинність коси Бірючий острів у Північно-західному Приазов'ї. Виявлені напрямки сукцесій степової та лучної рослинності території. Оптимізація рослинного покриву коси полягає у зменшенні поголів'я акліматизованих копитних тварин, розробці чіткої схеми сінокошіння окремих ділянок, загородженню найбільш цінних ділянок коси.

Ключові слова: рослинність, копитні, динаміка, оптимізація.

В. П. Коломійчук¹, А. С. Безкаравайний²

¹Інститут ботаники им. Н. Г. Холодного НАН Украины

²Таврический государственный агротехнологический университет

ДИНАМІКА РАСТИТЕЛЬНОСТІ КОСЫ БИРЮЧИЙ ОСТРОВ (ХЕРСОНСКАЯ ОБЛ.)

Охарактеризована растительность косы Бирючий остров в Северо-западном Приазовье. Виявлені напрямки сукцесій степной и луговой растительности территории. Оптимизация растительного покрова косы заключается в уменьшении поголовья копытных животных, разработке четкой схемы сенокосения отдельных участков, ограждению наиболее ценных участков косы.

Ключевые слова: растительность, копытные, динамика, оптимизация.

V. P. Kolomiychuk¹, O. S. Bezkorovajnyj²

¹M. G. Kholodny Institute of Botany of the National Academy of Science of Ukraine

²Tavria State Agrotechnological University

VEGETATION DYNAMICS OF BIRYUCHY ISLAND SPIT (KHERSON REGION)

Characteristics of vegetation of Biryuchy island spit in North-West Pryazov'ya is given. Directions of successions of steppe and meadow vegetation of the territory are identified. Optimization of the spit vegetation lies in reducing the number of acclimatized ungulates, developing clear haying scheme of particular territories, fencing the most valuable areas of the spit.

Key words: vegetation, ungulates, dynamics, optimization.

Коса (півострів) Бірючий острів розташована у Північно-західній частині Азовського моря. Разом з косою Федотова вона утворює складну акумулятивну форму намівного походження довжиною близько 45 км, що значно перевищує параметри усіх інших кіс північного узбережжя Азовського моря. По суті, вона є розширеною частиною коси Федотова. З південної, південно-східної сторін омивається Азовським морем, а з півночі – водами Утлюцького лиману. Тіло коси складене черепашковим детритом з домішкою піщаного матеріалу. Потужність відкладів у дистальній частині коси досягає 10–12 м. Вони залягають на дрібноалевритових і глинистих мулах древньоазовського віку. Ґрунти коси Бірючий острів – переважно лучні та дернові, рідше солончакові та лучно-болотні.

Утворилась ця коса завдяки послідовним приєднанням систем берегових черепашкових валів з відносним перевищенням над улоговинами 0,8–1,0 м, що орієнтовані у західному – південно-західному напрямку. Особливістю цієї акумулятивної форми є відсутність трикутної основи, характерної для інших кіс північного і східного узбережжя моря та своєрідність рельєфу, що полягає в посмужному чергуванні підвищених (кучугурів, грив) та знижених (депресії, улоговини) форм (Проект організації..., 2009). Сучасна площа коси Бірючий острів становить близько 7273 га.

Ландшафти коси з 1926 року знаходяться під охороною, спочатку у складі заповідника «Надморські коси», пізніше – Азово-Сиваського заповідника, згодом – реорганізованого у заповідно-мисливське господарство. З 1993 р. коса увійшла до складу Азово-Сиваського національного природного парку. За останнім «Проектом організації...» (2009) Бірючанська ділянка парку включає косу Бірючий острів (7273 га) та однокілометрову смугу акваторії Утлюцького лиману та Азовського моря (5900 га).

За геоботанічним районуванням територія коси знаходиться в Якимівському або Утлюцько-Міуському геоботанічному районі Чаплинсько-Якимівсько-Приазовського геоботанічного округу, смуги типчаково-ковилових степів Приазовсько-Чорноморської степової підпровінції.

Метою статті є з'ясування тенденцій змін основних типів рослинності коси Бірючий острів за допомогою методів стаціонарного моніторингу, проведеного нами у 2003–2010 рр. Всього нами виконано 123 геоботанічні описи пробних ділянок (з них 7 є стаціонарними), описані 7 еколого-ценотичних профілів, уточнена карта рослинності, що розроблена Д. В. Дубиною (Проект організації..., 1995). За вихідний стан рослинності коси Бірючий острів нами прийнятий той, що описаний М. І. Котовим і О. В. Прянішниковим (1937), а пізніше – Д. В. Дубиною і Ю. Р. Шеляг-Сосонко (Dubyna et al., 1994, 1995) та зафіксований на картах М. А. Парнаського, О. А. Федорко та Д. В. Дубини.

У рослинному покриві коси виділяють літоральні, піщано-степові, засоленолучні, солончакові, прибережно-водні, синантропні угруповання, а також штучні лісонасадження. Тут нараховують 188 рослинних асоціацій (Проект..., 1995; Коломійчук, 2003; Дубина, 2006).

Літоральна рослинність на території коси поділяється на угруповання смуги пляжу (кл. *Cakiletea maritimae*) та угруповання літорального валу (кл. *Ammophiletea*). В ценозах класу *Cakiletea maritimae*, які внаслідок згінно-нагінних явищ є досить агрегативними (покриття 20–30 %), домінують *Cakile euxina* Pobed. і *Argusia sabirica* (L.) Dandy, типовими видами є *Euphorbia peplis* L., *Salsola kali* L. subsp. *pontica* (Pall.) Mosyakin, *Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey, *Crambe pontica* Steven ex Rupr. В ценозах класу *Ammophiletea* домінує *Leymus sabulosus* (M.Bieb.) Tzvelev, рідше *Eryngium maritimum* L. Співдомінантами є *Crambe pontica*, *Argusia sibirica*, *Euphorbia seguierana* Neck. Ці угруповання знаходяться під впливом дефляційних процесів та характеризуються розрідженим травостоєм (30–40 %) (Dubyna et al., 1994, 1995).

У теперішній час піщані степи (порядку *Festucetalia vaginatae*) займають на Бірючому острові 28,2 % території. Найпоширенішими домінантами у теперішній час тут є *Carex colchica* J.Gay, *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Euphorbia seguierana*. Вони приурочені до найвищих ділянок коси (кучугур). Подекуди, на піщано-черепашкових ґрунтах коси Бірючий острів також домінують *Festuca beckeri* (Hack.) Trautv. та *Marrubium peregrinum* L. Співдомінантами в піщаних степах коси є *Agropyron lavrenkoanum* Prokud., *Ephedra distachya* L., *Secale sylvestre* Host, *Teucrium polium* L., іноді – *Centaurea diffusa* Lam., *Eragrostis minor* Host. Асектаторами часто виступають *Allium guttatum* Steven, *Alyssum hirsutum* M.Bieb., *Asperula maeotica* M.Pop. et Chrshan., *Astragalus varius* S.G.Gmel., *Carduus uncinatus* M.Bieb., *Linum austriacum* L., *Medicago kotovii* Wissjul., *Poa bulbosa* L., *Senecio euxinus* Minder., *Pleconax subconica* (Friv.) Sourkova, *Thymus moldavicus* Klovov et Des.-Shost., *Tragus racemosus* (L.) All., *Verbascum pinnatifidum* Vahl. Подекуди в цих угрупованнях розвинутий мохово-лишайниковий ярус, частка якого нерідко становить 10–20 %. З останніх на території коси Бірючий острів поширені *Tortula ruralis* (Hedw.) Gaertn., Meyer et Scherb., *Cladonia rangiformis* Hoffm., *Xanthoparmelia convoluta* (Krempelh.) Hale. Менш поширеними на косі є угруповання *Stipeta borysthenicae*, *S. capillatae* та *Medicageta kotovii*.

Серед засолених лук (клас *Festuco-Puccinellietea*) найбільшу площу (бл. 900 га) мають угруповання *Elytrigia elongata* (Host) Nevski та *E. repens* (L.) Nevski. Вони є характерними для вирівняних або знижених ділянок коси Бірючий острів. Досить часто *Elytrigia elongata* формує чисті зарості, в інших місцях з ним співдомінують *Agrostis maeotica* Klovov, *Apera maritima* Klovov, *Aeluropus littoralis* (Gouan) Parl., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Lepidium latifolium* L., *Limonium meyeri* (Boiss.) O.Kuntze, *Phragmites*

australis (Cav.) Trin. ex Steud. Постійними компонентами лук є *Limonium caspium* (Willd.) Gams, *Cynanchum acutum* L., *Artemisia santonica* L. Приблизно таку ж площу займають ценози з переважанням різних видів покисниць: *Puccinellia distans* (Jacq.) Parl. і *P. brachylepis* Klokov. Співдомінантами тут є *Artemisia santonica*, *Halimione verrucifera* (M.Bieb.) Aellen, *Salicornia prostrata* Pall., *Suaeda prostrata* Pall., *Tripolium pannonicum* (Jacq.) Dobrocz. До засолених лук належать також угруповання з переважанням *Apera maritima*, *Aeluropus littoralis* та *Scirpoides holoschoenus* (L.) Sojak. Угруповання *Tripolietea pannonicae* займають екотонні смуги між мокрими та пухкими солончаками (площа – 30–50 га). *Tripolium pannonicum* часто утворює чисті угруповання, рідше співдомінантами є *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla, *Lepidium latifolium*, *Phragmites australis*, *Salicornia prostrata*. Близько 50 га території коси займають ценози *Lepidietea latifoliae*. Часто *Lepidium latifolium* формує моновидові ценози, рідше на піщано-черепашкових помірно засолених ґрунтах, у якості співдомінантів виступають *Artemisia santonica* та *Elytrigia elongata*. Близько 250 га коси Бірючий острів займають угруповання *Bolboschoeneta maritimae*, в яких часто трапляється *Phragmites australis* та деякі галофіти.

Сукулентно-трав'янисті справжньо-солончакові ценози (клас *Thero-Salicornietea strictae*) займають в парку близько 100–110 га. Тут на мокрих солончаках домінує *Salicornia prostrata*, інколи із співдомінуванням *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb., *Petrosimonia brachiata* (Pall.) Bunge, *P. triandra* (Pall.) Simonk., *Puccinellia fominii* Bilyk, *Suaeda salsa* (L.) Pall., *Triglochin maritima* L., *Tripolium pannonicum*. На сухіших солончаках переважає *Suaeda prostrata*, часто із співдомінуванням *Artemisia santonica*, *Frankeniana hirsuta* L., *Salicornia prostrata*, *Salsola soda* L., *Tripolium pannonicum*.

Виразно галофітні угруповання з переважанням багаторічних трав та напівчагарничків (клас *Salicornietea fruticosae*) представлені переважно угрупованнями з домінуванням *Halocnemum strobilaceum*, *Limonium caspium* та *L. meyeri*. Ценози *Halocnemeta strobilacei* займають площу 90–100 га і поширені на глинистих («пухких») солончаках. Власне угруповання *Limonieta meyeri* характерні для значно засолених суглинково-солончакових та мулистих піщано-черепашкових ділянок і займають близько 50 га.

Прибережно-водна рослинність (клас *Phragmiti-Magnocaricetea*) має значне поширення на косі Бірючий острів, де займає $\frac{1}{4}$ її площі (близько 2000 га). Це в основному угруповання формацій *Phragmiteta australis* та *Junceta maritimae*. Угруповання цього класу на косі Бірючий острів поширені по мілких прибережних ділянках з мулистими-піщаними, рідше піщано-черепашковими ґрунтами. Іноді у якості співдомінантів на засолених ґрунтах є *Bolboschoenus maritimus*, *Cynanchum acutum*, *Salsola soda*, *Suaeda salsa*.

Ценози з панівною роллю *Zostera marina* L. відмічені у мілководних внутрішніх водоймах коси. Як співдомінанти трапляються *Zostera noltii* Hornem., *Zannichellia pedunculata* Rchb., *Potamogeton pectinatus* L. Крім того, у цих ценозах спорадично зустрічаються макрофітні водорості (*Enteromorpha* sp., *Ceramium rubrum* L. та ін.).

Синантропна рослинність парку займає незначні за площею ділянки. На косі Бірючий острів стійкі синантропні угруповання притаманні окремим ділянкам піщаного степу та луків (класи *Xanthietum spinosi*, *Erigerono-Lactucetum serriolae*). Окремі агрегації формують види, які віднесені нами до класу *Polygono renastri-Poetea annua*. Крім того, синантропна рослинність на косі поширена вузькими смугами вздовж доріг (союзи *Onopordion acanthii*, *Sisymbrium officinalis*).

Рослинність коси Бірючий острів тривалий час перебувала у несприятливих екологічних умовах, наслідки яких відчуються й досі. Передусім вони були спричинені акліматизацією та розведенням надмірної кількості диких копитних тварин, лісорозведенням, сінокошінням. В межах оригінальної робочої схеми змін рослинного покриву нами виділені основні (кліматогенні, пасквальні) та другорядні (фенісекціальні, лісомеліоративні, постексараційні).

З часу першого ботанічного обстеження коси (1927 р.) минуло 84 роки. За цей термін площа коси скоротилась з 9300 га до 7273 га (22 %). Перевідкладення піщано-черепашкового матеріалу з північно-східного боку коси Федотова на південно-

західний у напрямку дистальної частини коси Бірючий острів та його нерегламентоване вивезення для потреб будівництва у приматериковій частині спричинило звуження коси Федотова та острова Бірючого на 30–40 (подекуди до 50 м). Просторові зміни рослинності коси знаходять підтвердження у картометричних характеристиках різночасових карт. У порівнянні з «Проектом організації... 1995» зараз на косі наявні певні тенденції змін площ зайнятих основними угрупованнями. Найпомітніші зміни структури рослинного покриву насамперед торкнулись лучних, піщано-степових і галофітних фітоценозів та штучних лісонасаджень, у меншій мірі літоральних, прибережно-водних і синантропних фітоценозів. Зокрема, луки збільшились на 1,3 %, піщані степи – на 0,7 %, літоральні, прибережно-водні та синантропні угруповання відповідно на 0,2 %, а лісові насадження та галофітні угруповання зменшились відповідно на 1,6 та 1 % (табл. 1).

Таблиця 1

Зміни основних типів рослинності коси Бірючий острів за 15 років

Типи рослинності	Площа основних фітоценозів за «Проектом організації, 1995», га/%	Площа основних фітоценозів за «Проектом організації, 2009», га/%
Літоральна рослинність	180/2,5	200/2,7
Піщано-степова рослинність	2000/27,5	2050/28,2
Лучна рослинність	1850/25,5	1950/26,8
Галофітна рослинність	340/4,6	260/3,6
Прибережно-водна (включаючи внутрішні водойми)	2523 (523)/34,7	2541 (531)/34,9
Лісові насадження (в т.ч. захисні ремізи)	345/4,8	232/3,2
Синантропна рослинність	25/0,4	40/0,6
Всього	7273/100	7273/100

Збільшення піщано-степових, лучних та почасти прибережно-водних угруповань відбулось за рахунок зменшення (деградації) площ, зайнятих незімкнутими лісонасадженнями та внаслідок зростання обводненості коси. При цьому ділянки, зайняті раніше галофітними угрупованнями (формації *Salicornieta*, *Halimioneta verruciferae*) трансформувались у засолено-лучні (форм. *Aeluropeta littoralis*, *Puccinelieta distans*, *Junceta gerargii*) та прибережно-водні (форм. *Bolboshoeneta maritimi*, *Junceta maritimi*) фітоценози. Збільшення площ, зайнятих синантропними угрупованнями пов'язано зі значним перевипасом окремих ділянок степу акліматизованими на косі копитними.

Взаємозв'язки копитних та рослинності коси мають давню історію. До середини ХХ ст. угруповання піщаних степів та луків зазнавали незначного впливу від випасу насамперед домашніх тварин. В той час на західному боці коси існувало рибачке селище з населенням 230–250 чол., у яких в господарстві налічувалось близько 70–80 корів. Домінантами більшої частини піщаного та піщано-черепашкового степу тоді були *Festuca beckeri*, *Marrubium peregrinum*, *Stipa borysthena* Klokov ex Prokudin та *Teucrium polium*) зі співдомінуванням *Agropyron lavrenkoanum*, *A. pectinatum* (M.Bieb.) P.Beauv., *Medicago kotovii*. На окремих ділянках значного розповсюдження набували *Carex colchica*, *Euphorbia seguierana*, *Helichrysom corymbiforme* Opperman ex Katina, *Melilotus albus* Medik. На той час вплив акліматизованих копитних був мінімальний. Пізніше, внаслідок збільшення їх поголів'я луки і, насамперед, піщані степи почали набувати ознак збоїв різного ступеня порушення.

На 2009 р. у фауні ссавців Азово-Сиваського НПП було зафіксовано 5 видів, парнокопитних та 2 види непарнокопитних (Проект організації..., 2009). Із них в останні роки перестала мешкати лише дика свиня, хоча інші види почувають себе досить комфортно. Найбільш цінними мисливськими тваринами парку є такі представники ряду парнокопитних, як благородний олень, європейська лань та європейський муфлон. Всіх їх було завезено із заповідника «Асканія-Нова» (табл. 2). Сучасна чисельність копитних (включаючи домашніх) на косі становить близько 3870 особин.

Таблиця 2

Сучасний стан угруповань парнокопитних на косі Бірючий острів

№	Вид	Перший випуск		Максимальна чисельність		Чисельність у 2009 р.
		рік	кількість особин	рік	кількість особин	
1	Олень благородний*	1928	3	2007	1321	1305
2	Лань європейська**	1951	9	2007	2461	2387
3	Муфлон європейський***	1976	10	1992	890	92
4	Кулан туркменський	1982	11	2007	94	66

Примітка. * У 1946 р. – випуск 12 особин оленя, у 1957 р. – 4 особин; **У 1956 р. – випуск 6 особин лані, у 1960 р. – 5 особин; ***У 2007 р. – випуск 30 особин муфлона.

Основними продуцентами, з якими пов'язані популяції копитних на косі, є представники родини злакових, серед них переважають спільні корми: *Festuca beckeri* – 16 % у раціоні оленя та 7,4 % – у раціоні лані, а також *Elytrigia repens*, *E. maeotica* (Prokud.) Prokud. – 6,77 % та 5,6 % відповідно. Значне місце в трофічних зв'язках оленя належить *Secale sylvestre* – 13,62 %, а в зимовий період копитні активно споживають деревно-чагарникові корми (4,41 % у раціоні живлення) мохи і лишайники. За 8 місяців року (з квітня – по листопад) копитні з'їдають 1570–1600 т зеленої маси, що становить 13–15 % від загальних запасів кормів коси (Домніч, 2008).

З кінця 80-х рр. XX ст. у межах найвищої частини коси певного розповсюдження набули бур'янові серії, представлені асоц. *Marrubium peregrinum*+*Euphorbia seguierana*, *Tragus racemosus*+*Cynodon dactylon* var. *Teucrium polium*, *T.r.*+*C.d.* var. *Eragrostis minor*, *Xanthium albinum*+*Calamagrostis epigeios* тощо, які подекуди замінили корінні угруповання. Перші дві асоціації притаманні для найвищих ділянок коси, мають відносно високе проективне покриття (50–60 %), крім домінуючих видів включають значну кількість бур'янів, в тому числі адвентивного походження (*Anisantha tectorum* (L.) Nevski, *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., *Centaurea diffusa*, *Conyza canadensis* (L.) Cronq.). Остання асоціація притаманна до лучних знижень, порушених екотопів, іноді трапляється поблизу старих скирт (покриття – 65–70 %).

Випасання зумовило розвиток процесів дефляції, дигресію псамофітних флористичних комплексів, насамперед, утворених ендемічними видами. Кострицево-ковиліві степи коси Бірючий острів за 30–40 років змінилися дигресивними стадіями з переважанням кореневищних та однорічних злаків і осок (з *Cynodon dactylon*, *Calamagrostis epigeios*, *Carex colchica*, *Secale sylvestre*), стрижневокоренових дводольних (*Centaurea diffusa*, *Euphorbia seguierana* та ін.) та неїстівних видів рослин (*Artemisia santonica*, *Marrubium peregrinum*, *Xanthium albinum*). Якщо у найближчі 7–10 років не зменшити поголів'я копитних до 600–800 особин, то поряд з втратою цінності коси як осередку розвитку фіторізноманіття можливе катастрофічне природне скорочення чисельності копитних. Наслідки надвисокої чисельності останніх проявляються у їх екстер'єрі (зменшення розмірів особин, зниження трофейності та розмірів рогів).

Лісорозведенням, яке тривало з кінця 50-х – до початку 90-х рр. XX ст., були знищені та значно трансформовані флористичні комплекси кучугур і незаливних рівнинних ділянок. Розорювання територій під лісокультури створювало умови для експансії і розселення у степу і на луках адвентивних таксонів. Зокрема, високою інвазійною спроможністю тепер відзначаються *Ambrosia artemisiifolia* L., *Descurainia sophia* (L.) Webb. ex Prantl, *Centaurea diffusa*, *Hyoscyamus niger* L., *Xanthium californicum* Greene, *Tragus racemosus* (L.) All. та інші види (Дубина, 2002, Коломійчук, 2003). З кінця 90-х рр. після припинення лісорозведення, зняття огорожі навколо лісового масиву завдяки копитним значна частка листяних насаджень лісового масиву (насамперед ремізів) за виключенням монокультур *Elaeagnus angustifolia* L. була знищена. З випробуваних тут протягом 50–70 рр. XX ст. 116 видів дерев і чагарників у 2009 р. відмічено лише 51 вид. Деякі види дерев та кущів (*Ulmus*

minor Mill., *Ligustrum vulgare* L., *Prunus spinosa* L.) набули сланникової форми, у зв'язку з знищенням верхівкових бруньок копитними.

Сінокоси на косі лімітовані з середини 90-х рр. XX ст., їх площа становить близько 350–400 га. Слід зазначити, що досить часто на косі порушуються строки вилучення фітомаси без урахування фенофаз, що їх проходять окремі, переважно цінні кормові види з родів *Agrostis*, *Astragalus*, *Festuca*, *Medicago*, *Melilotus*, *Trifolium*. Це призводить до їх елімінації з травостою, заміни на менш цінні та низькопродуктивні – пирійні або куничникові ценози (Дубина, 2002).

Для збереження цінних флористичних комплексів Азово-Сиваського національного природного парку необхідно обмежити кількість видів диких копитних на його території завдяки введенню додаткових лімітів на їх вилучення, більш чітко регламентувати сінокосіння та випасання. Останнє можливо обмежити за допомогою створення загорож на найбільш цінних територіях коси. Деякі види природокористування, наприклад, лісорозведення, слід виключити зовсім та замінити його екологічно обґрунтованим використанням природних ресурсів, яке б не порушувало довкілля і не сприяло б негативному впливу на природні комплекси (Дубина, 2006). Слід більш широко розвивати екотуризм, природознавчі виробничі та навчальні практики освітніх установ регіону. Певні зміни у охороні ландшафтів та фіторізноманіття коси Бірючий острів вже відбулись у зв'язку з затвердженням нового «Проекту організації...» (2009), зокрема змінено зонування території Азово-Сиваського національного природного парку. На косі Бірючий острів створена заповідна зона площею 250 га, яка прилягає до лісового масиву зі східного боку і включає ділянки літорального валу, піщаного степу та лучних знижень, яка у майбутньому буде оточена огорожею.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Домніч В. І. Роль ратичних (*Cervidae*, *Bovidae*) та хижих (*Canidae*) у біогеоценозах окремих районів Палеарктики / В. І. Домніч / Автореф. дис. ... докт. біол. наук. – Д., 2008. – 54 с.
- Дубина Д. В. Флора коси «Бірючий острів» (Херсонська область) / Д. В. Дубина // Ю. Д. Клеопов та сучасна ботанічна наука : Матеріали читань, присвяч. 100-річчю з дня народження Ю. Д. Клеопова (Київ, 10–13 листопада 2002 р.). – К. : Фітосоціоцентр, 2002. – С. 191–199.
- Дубина Д. В. Фітосистеми кіс і островів Азово-Чорноморського регіону України: стан та завдання охорони / Д. В. Дубина, П. А. Тимошенко, Ю. Р. Шеляг-Сосонко // Укр. ботан. журнал. – 2006. – Т. 63, № 1. – С. 3–14.
- Коломийчук В. П. Азово-Сиваський національний природний парк / В. П. Коломийчук // Фіторізноманіття національних природних парків України / Т. Л. Андрієнко, Р. Я. Арап, Д. П. Воронцов та ін.; під заг. ред. Т. Д. Андрієнко та В. А. Онищенко. – К. : Науковий світ, 2003. – С. 19–28.
- Котов М. І. Геоботанічний нарис острова Бірючого в Азовському морі / М. І. Котов, А. В. Прянишников // Журн. Ін-та ботаніки АН УРСР. – 1937. – № 13–14. – С. 207–234.
- Проект організації території Азово-Сиваського національного природного парку, охорони, відтворення та рекреаційного використання його природних комплексів Херсонської області. Пояснювальна записка. – Ірпінь, 1995. – Т. I, книга 1. – 257 с.
- Проект організації території Азово-Сиваського національного природного парку, охорони, відтворення та рекреаційного використання його природних комплексів та об'єктів. Пояснювальна записка. – Мелітополь : ПП «Центр екологічного управління», 2009. – Т. I. – 360 с.
- Dubyna D. V., Neuhäuslová Z., Shelyag-Sosonko Ju. R. Coastal vegetation of the «Birjucij Island» Spit in the Azov Sea, Ukraine // Preslia. – Praha, 1994. – 66. – P. 193–216.
- Dubyna D. V., Neuhäuslová Z., Shelyag-Sosonko Ju. R. Vegetation of the «Birjucij Island» Spit in the Azov Sea. Sand Steppe Vegetation // Folia Geobot. Phytotax. – Praha, 1995. – 30. – P. 1–31.

Надійшла до редколегії 09.03.11

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ ДЕЯКИХ ВИДІВ НАВКОЛОВИХ ПТАХІВ

Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького

Представлено результати комп'ютерного моделювання чисельності фонових видів навколоводних птахів. Для графічного сценарію динаміки чисельності застосовано аналіз часових рядів, це дозволило створити моделі зміни чисельності видів для найближчих 10 років. За допомогою функціонального аналізу для кожного виду був визначений оптимальний тренд (лінійний, логарифмічний або експоненціальний), відповідно до основних типів зростання популяцій.

Ключові слова: комп'ютерне моделювання, динаміка чисельності, навколоводні птахи.

М. В. Мацюра

Мелітопольский государственный университет им. Б. Хмельницкого

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ОКОЛОВОДНЫХ ПТИЦ

Представлены результаты компьютерного моделирования численности фоновых видов околоводных птиц. Для графического сценария динамики численности применен анализ временных рядов, это позволило создать модели изменения численности видов для ближайших 10 лет. С помощью функционального анализа для каждого вида был определен оптимальный тренд (линейный, логарифмический или экспоненциальный), соответствующий основным типам роста популяций.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, динамика численности, околоводные птицы.

M. V. Matsyura

Bogdan Khmelnski Melitopol State Pedagogical University

COMPUTER MODELLING OF SOME WATERBIRDS' ABUNDANCE

The results of computer design of abundance of some key waterbird species are presented. For a graphic scenario of dynamics of quantity the time series analysis was applied; it is allowed to create the models and forecast the changes in the abundance of bird species for the nearest 10 years. By means of functional analysis for each bird species the optimal trend (linear, logarithmic or exponential) was determined in accordance with the basic types of population growth.

Key words: computer design, abundance dynamics, waterbirds.

Широке застосування методів математичного моделювання відкриває нові можливості перед екологами: створення моделі динаміки чисельності та прогнозування стану популяції значно полегшує аналіз первинної інформації. Разом з цим існують деякі труднощі: для моделювання необхідна наявність даних за досить тривалий часовий період (оскільки точність моделі визначається обсягом даних за чисельністю), у звичайних моделях досить складно відобразити вплив деяких чинників (наприклад, трофічного) і міжвидових взаємин.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Запропоновані нами методи цілком доступні і можуть бути застосовані для обробки даних польових досліджень. Для моделювання було використано дані Мацюри О. В. (2006) за 1990–1999 рр., дані за попередній період (1973–1988 рр.) одержано з літературних джерел (Колоніальні гідрофільні птахи., 1988). Для математичного аналізу застосовані методики експериментального дизайну та аналізу часових рядів; для обчислення рівняння динаміки чисельності застосовано пакет «Curve Expert 3.1» (Burnham, 1998).

Першим кроком для створення моделей було проведення спектрального аналізу динаміки чисельності птахів острівних угруповань (Browne, 1992). У ході аналізу для

більшості видів був визначений період у 5 років, що характеризується найбільшою достовірністю. Для графічного сценарію динаміки чисельності застосовано аналіз часових рядів (Prairie, 1996), що припускає існування певної циклічності; це дозволило створити моделі зміни чисельності видів для найближчих 10 років, тобто для двох циклів. За допомогою функціонального аналізу для кожного виду був визначений оптимальний тренд (лінійний, логарифмічний або експоненціальний), відповідно до основних типів зростання популяцій.

Передбачені значення (F_t) визначалися за формулою (McCullagh, 1989):

$$F_t = S_t * I_{t-p},$$

де S – згладжене значення серії; I – згладжуючий чинник, визначений у ході моделювання; t – коефіцієнт тренда; p – довжина циклу;

$$t = (1/\varnothing) * (M_k - M_1) / ((k-1) * p),$$

де $\varnothing$ – параметр згладжування, визначений у ході моделювання; k – кількість циклів; M_k – середнє значення останнього циклу; M_1 – середнє значення першого циклу; p – довжина циклу;

$$S = M_{1-p} * T/2.$$

Основна умова створення подібних моделей – наявність якомога більшої кількості даних з динаміки чисельності, що визначає точність моделі та її статистичну достовірність. Мінімальна кількість років з даними за чисельністю повинна становити 15–20, виходячи з методичних особливостей аналізу часових рядів (McCullagh, 1989).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Виходячи з існуючих типів зростання популяцій і кривих динаміки чисельності, одержані криві математичних моделей дозволяють віднести мартина жовтоносого *Larus cachinnans* Pallas, 1811, крячка рябодзьобого *Thalasseus sandvicensis* (Latham, 1877) та крячка чорнодзьобого *Gelochelidon nilotica* (Gmelin, 1789) до видів, рух чисельності яких описується так званою кривою логарифмічного зростання, коли збільшення популяції на початковій стадії відбувається уповільнено, потім швидше й поступово починає сповільнюватися під впливом чинників середовища; уповільнення стає більш вираженим у міру збільшення дії цих чинників, зрештою досягається й підтримується відносна рівновага (рис. 1, 2).

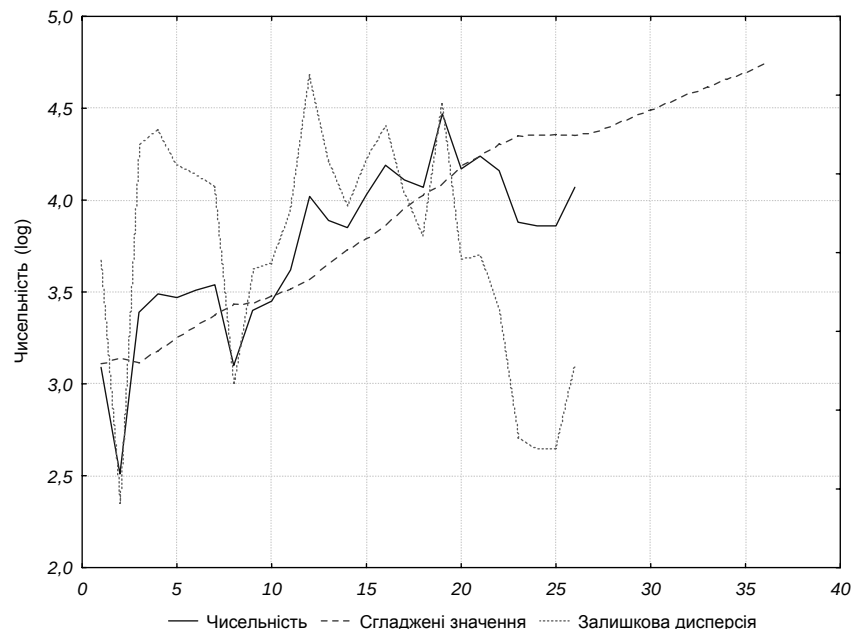


Рис. 1. Сценарій зміни чисельності мартина жовтоносого

$S_0 = 3,07$; $T_0 = 0,04$, де S – згладжене значення серії; T – коефіцієнт тренда

По осі ОХ тут і надалі відображено часовий період з 1973 р, що відповідає нульовому значенню.

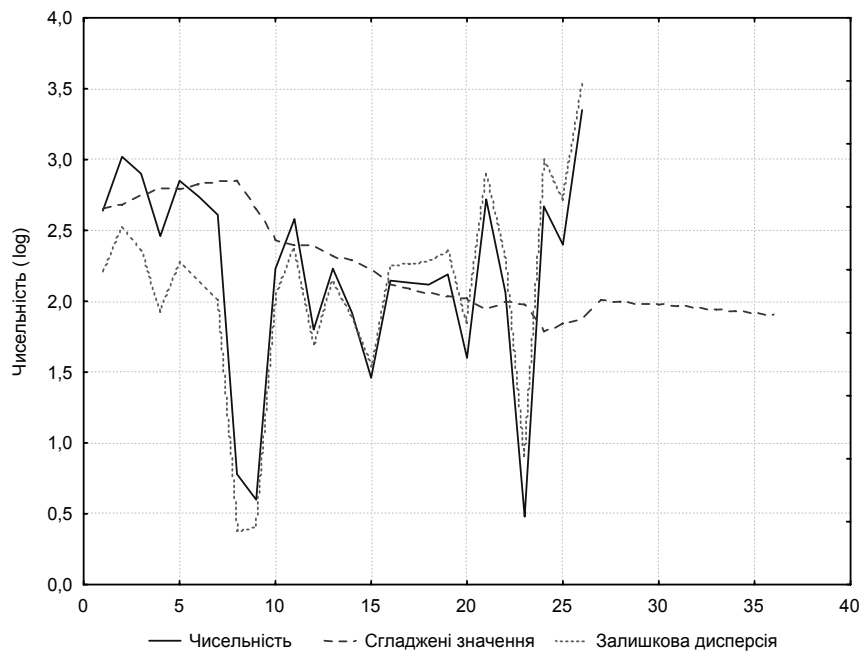


Рис. 2. Сценарій зміни чисельності крячка чорнодзьобого
 $S_0 = 2,63$; $T_0 = 0,028$.

Чорноголовий реготун *Larus ichthyæetus* Pallas, 1733, крячок каспійський *Hydroprogne caspia* (Pallas, 1770), крячок річковий *Sterna hirundo* Linnaeus, 1758 і мартин тонкодзьобий *Larus genei* Breme, 1840 (на підставі кривих зростання, одержаних математичним моделюванням) відносяться до видів з логарифмічним типом зростання чисельності (рис. 3–5).

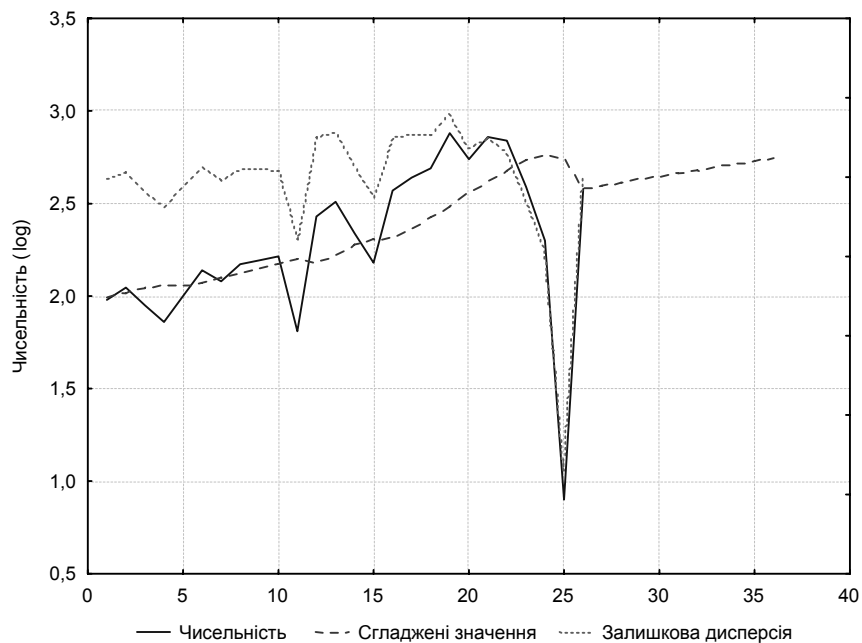


Рис. 3. Сценарій зміни чисельності мартина каспійського
 $S_0 = 1,97$; $T_0 = 0,024$.

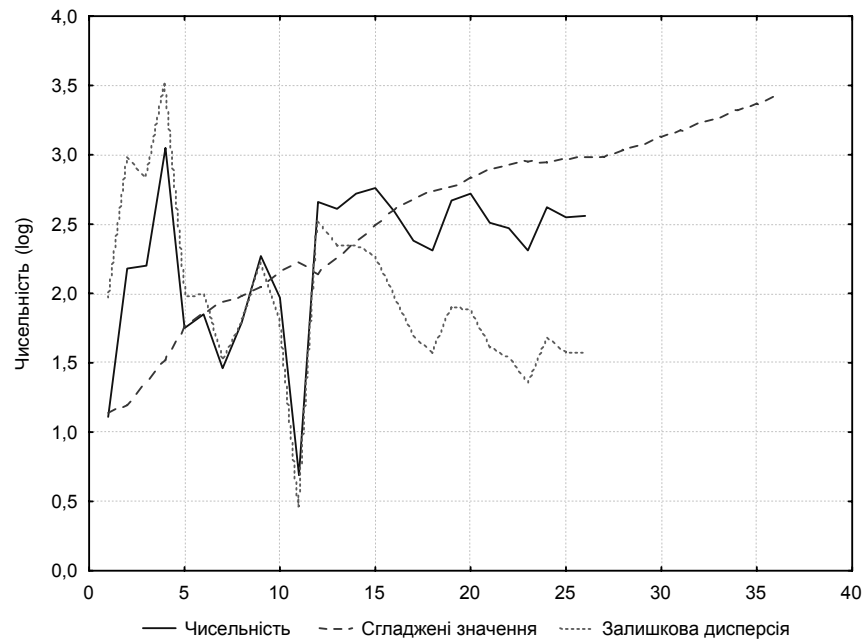


Рис. 4. Сценарій зміни чисельності крячка каспійського
 $S_0 = 1,08$; $T_0 = 0,058$.

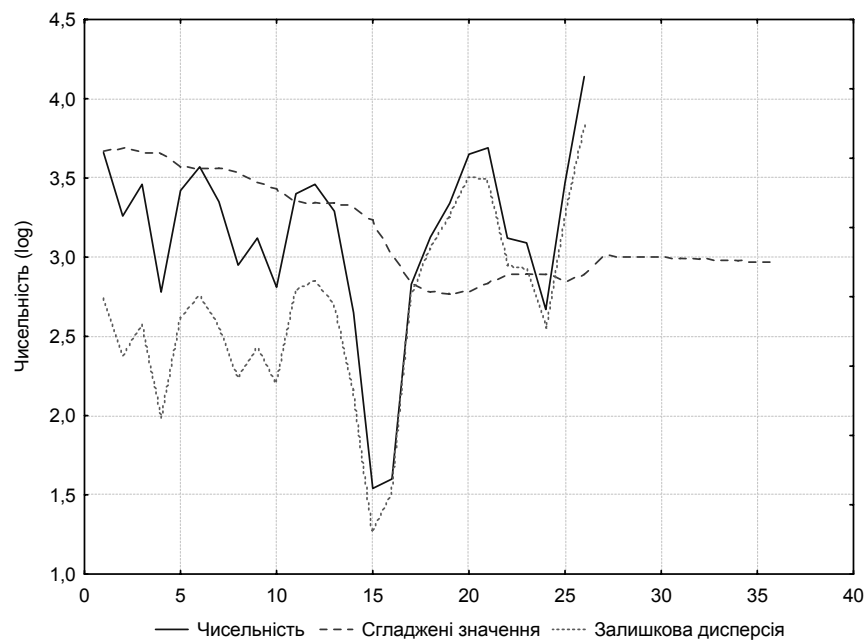


Рис. 5. Сценарій зміни чисельності мартина тонкодзьобого
 $S_0 = 3,65$; $T_0 = 0,019$.

Даний тип кривих характеризує динаміку чисельності виду в випадку, коли є значний розрив у часі між збільшенням густоти організмів, спричинений появою нових особин і проявом гальмуючого впливу збільшення густоти на зростання популяції. Це підтверджується високою вибірковістю таких видів птахів до гніздових біотопів і невеликим розповсюдженням по островних системах регіону.

Мартин середземноморський *Larus melanocephalus* Temminck, 1820 характеризується кривою осциляції, що описує експоненціальний тип зростання (рис. 6).

При такому типі динаміки чисельності густота збільшується швидко, а коли починає діяти лімітуючий чинник, зростання популяції раптово припиняється. У даному випадку це пояснюється тенденцією до перерозподілу, коли вид покидає одні островні системи й заселяє інші, часто за межами досліджуваного регіону.

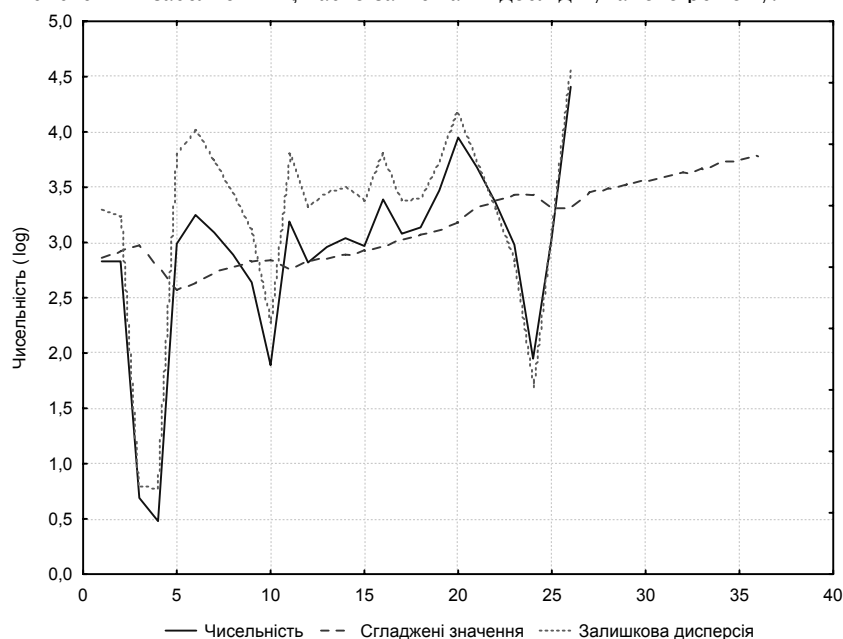


Рис. 6. Сценарій зміни чисельності мартіна середземноморського
 $S_0 = 2,79$; $T_0 = 0,06$.

Математична модель динаміки чисельності крячка малого *Sterna albifrons* Pallas, 1764 визначена раціональним рівнянням і характеризується сильно опуклою кривою, що означає різке зниження чисельності та густоти виду, це підтверджується даними стандартних обліків (рис. 7).

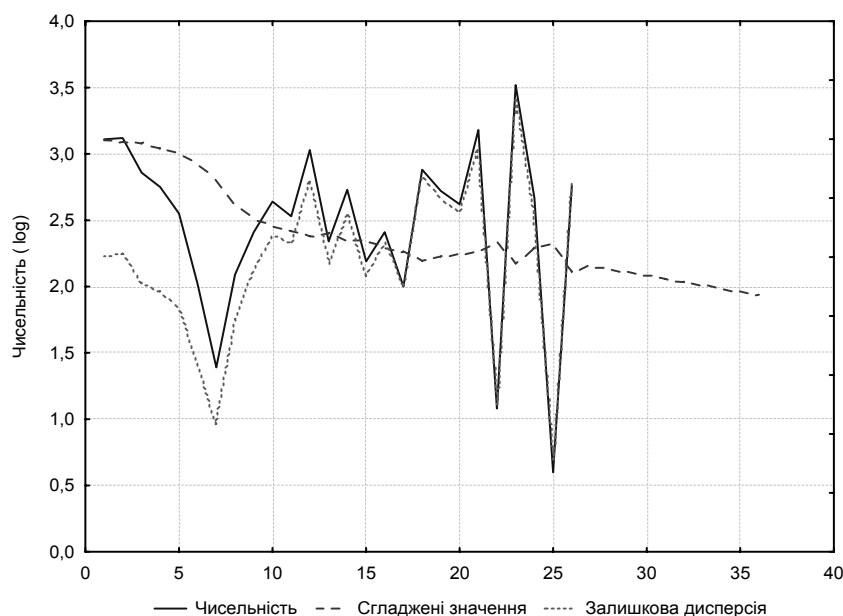


Рис. 7. Сценарій зміни чисельності крячка малого
 $S_0 = 3,12$; $T_0 = -0,014$.

Статус виду в регіоні на період отримання даних – несприятливий, і за відсутності природоохоронних заходів прогноз динаміки чисельності виду припускає подальше зниження його чисельності на острівних системах.

ВИСНОВКИ

1. Для виявлення природи циклічних змін острівних угруповань птахів необхідний більш детальний аналіз з обробкою додаткових даних щодо кліматичних умов, гідрологічного режиму та епізоотичних процесів.

2. Тенденції видів до перерозподілу разом з посиленням антропогенного впливу ускладнюють проведення аналізу динаміки острівних угруповань птахів; для повного аналізу необхідні нові змінні, що описують трофічні відносини птахів і вікову структуру популяцій.

3. Виконаний аналіз підтверджує положення про те, що, чим вищий рівень організації і зрілості угруповання (тобто чим воно стабільніше), тим менша амплітуда флуктуацій чисельності популяції з часом.

4. Отримані моделі деякою мірою умовні і не можуть бути використані як абсолютно точний прогноз чисельності видів. Разом з тим, сценарії динаміки чисельності рекомендовані для розробки заходів щодо менеджменту загрозливих видів птахів даного регіону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Колониальные гидрофильные** птицы юга Украины. Ржанкообразные / В. Д. Сиохин, И. И. Черничко, Т. Б. Ардамацкая и др. – К. : Наук. думка, 1988. – 174 с.
- Мацюра А. В.** Особенности математического анализа динамики численности / А. В. Мацюра // Вісник Запорізького державного університету: Збірник наукових статей. Біологічні науки. – Запоріжжя : ЗДУ, 2006. – № 1. – С. 128-134.
- Berryman A.** Identifying the density-dependent structure underlying ecological time series / A. Berryman, P. Turchin // Oikos. – 2001. – Vol. 92. – P. 265-270.
- Browne M. W.** Alternative ways of assessing model fit // Testing structural equation models / M. W. Browne, R. Cudeck. – Beverly Hills, CA: Sage, 1992. – P. 25-29.
- Burnham K. P.** Model selection: a practical information-theoretic approach / K. P. Burnham, D. R. Anderson. – Springer-Verlag, 1998. – P. 22-23.
- Dennis B.** Density dependence in time series observations of natural populations: estimation and testing / B. Dennis, M. L. Taper // Ecol. Monogr. – 1994. – Vol. 64. – P. 205-224.
- McCullagh P.** Generalized linear models, 2nd edn. / P. McCullagh, J. A. Nelder. – London: Chapman & Hall, 1989. – P. 51-59.
- Montgomery D. C.** Forecasting and time series analysis (2nd Ed.) / D. C. Montgomery, L. A. Johnson, J. S. Gardiner. – New York: McGraw-Hill, 1990. – P. 56-70.
- Prairie Y. T.** Evaluating the predictive power of regression models / Y. T. Prairie // Can. J. Fish and Aquat. Sci. – 1996. – Vol. 3. – P. 490-492.

Надійшла до редколегії 29.06.11

**АНТРОПОГЕННА ТРАНСФОРМАЦІЯ УРБОСИСТЕМИ
(НА ПРИКЛАДІ м. МЕЛІТОПОЛЯ)***Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького*

Розглянуто екологічні та соціально-психологічні наслідки урбанізації. Окреслено вплив візуально-зорового забруднення на психоемоційний стан мешканців середнього міста. Позначено, що антропогенна трансформація урбосистеми призводить до зміни цієї системи в цілому. За допомогою комплексних екологічних та медико-статистичних досліджень було виявлено домінуючі проблеми стану здоров'я мешканців міста Мелітополя Запорізької області. Встановлено залежність між рівнем захворюваності населення і наявною екологічною ситуацією за період з 2006 по 2010 роки.

Ключові слова: антропогенна трансформація, урбосистема, популяційне здоров'я, екологічний моніторинг, антропоекологічна комфортність.

Н. В. Еркина

*Мелитопольский государственный педагогический университет им. Б. Хмельницкого***АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ УРБОСИСТЕМЫ
(НА ПРИМЕРЕ г. МЕЛИТОПОЛЯ)**

В статье рассмотрены экологические и социально-психологические последствия урбанизации. Обозначено влияние визуально-зрительного загрязнения на психоэмоциональное состояние жителей среднего города. Подчеркнуто, что антропогенная трансформация урбосистемы приводит к изменению этой системы в целом. С помощью комплексных экологических и медико-статистических исследований автором были выявленные доминирующие проблемы состояния здоровья жителей города Мелитополь Запорожской области. Установлена зависимость между уровнем заболеваемости населения и сложившейся за период с 2006 по 2010 годы экологической ситуацией.

Ключевые слова: антропогенная трансформация, урбосистема, популяционное здоровье, экологический мониторинг, антропоэкологическая комфортность.

N. V. Yorkina

*Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University***ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF MELITOPOL URBAN SYSTEM
(CASE STUDY)**

The ecological and socio-psychological consequences of urbanization were considered. An influence of visual pollution on the psychoemotional condition of inhabitants of moderate city is designated. It was emphasized that the anthropogenic transformation of the urban system leads to the drastic change of this system. By means of complex ecological and medicine-statistical researches the dominating problems of the health of Melitopol residents were revealed. The interdependence between the level of morbidity of the population and the environmental situation for the period of 2006 to 2010 was determined.

Keywords: anthropogenic transformation, urban system, population health, ecological monitoring, anthropoecological comfort.

Урбанізація і ріст числа міст в усьому світі обумовлює виникнення низки гострих екологічних проблем. З погляду екології, місто являє собою неповну гетеротрофну екосистему, яка одержує ресурси з більших площ природних екосистем за межами міста (Куранов, 1989). Природні екосистеми в свою чергу знешкоджують потужний потік міських відходів. Це дає підставу вважати місто «хижаком» або «паразитом» стосовно природи і людини (Кожевина, 2000).

В Україні інтенсивна урбанізація розпочалася з 1926 року. Натепер у країні 454 міста, з них: 37 із кількістю населення від 100 до 500 тис. осіб, 9 мають понад півмільйона жителів, у 5 містах кількість населення перевищує мільйон осіб (Димань, 2009).

Розкриваючи сутність поняття урбанізації, Т. Димань (2009) вказує на її негативні наслідки. Комплекс екологічних проблем найпомітніше виявляється в умовах міста з характерним для нього поєднанням внутрішніх та зовнішніх зв'язків, потоків населення, ресурсів енергії та інформації (Калабеков, 2003). Напруженість екологічних проблем міста залежить від таких обставин:

- 1) масштабу міста (площі, складу та чисельності міського населення);
- 2) природних умов території (особливостей клімату, включаючи циркуляційні процеси в атмосфері, наявність чи відсутність великих водних об'єктів, лісових масивів всередині і на периферії міста);
- 3) характеру і масштабів виробництва з виокремленням промислових, селітебних та рекреаційних зон;
- 4) особливостей забудови (кількості поверхів, експозиції стосовно сторін світу і елементів рельєфу, які переважають);
- 5) особливостей геоекологічної ситуації (надійності ґрунтів під спорудами);
- 6) досконалості інженерних мереж і комунікацій (забезпечення водою і відведення каналізаційних стоків, надійність електропостачання, зв'язку і отримання інформації);
- 7) рівня культури городян, їх ставлення до міського господарства, дитячих майданчиків, зелених насаджень міста, приміських лісів і парків, газонів та ін.

Розглядаючи передумови виникнення асоціальної поведінки мешканців великого міста, В. А. Філін (2001) визначив як важливий чинник просторово-візуальне забруднення урбосистеми. На його думку, кожен мешканець великого міста, постійно піддається впливу не тільки біологічного, фізичного, хімічного забруднення, але й зорового. Останнє охоплює візуальне середовище – архітектуру, кольорову гаму будівель, ландшафти, озеленення, рекламу, вітрини, вулиці. Як і будь-яке інше забруднення, візуальне забруднення оточуючого середовища погіршує умови життя людини, негативно відображається на її здоров'ї. За В. А. Філіном «забруднювачами» візуального середовища виступають гомогенні і агресивні візуальні поля, а також численність прямих ліній і кутів великих площин.

Агресивні поля провокують синдром «неусвідомленої агресії». Агресивність зорового середовища різко збільшується при додатковому шумовому впливі. Встановлено, що ритмізація сигналів, які поступають на входи двох основних сенсорних систем людини (зору і слуху), призводить до зростання агресивності (Мазинг, 1984). «Потворне» візуальне середовище призводить до псування зору, впливає на стан центральної нервової системи, адже багаточисельність однакових елементів у видимому середовищі «вимикає» зоровий аналізатор (Яницький, 1984).

По мірі розвитку людського суспільства соціальна суть людини все більш пригнічує її біологічну природу, що стає головною причиною посилення абіотичних тенденцій у сучасному житті (Філін, 2001). Порушення екологічної рівноваги за принципом зворотного зв'язку позначається на здоров'ї населення. Визначення кількісних залежностей в системі «середовище – здоров'я» було вперше проведене Г. І. Сидоренко (1994). Згідно з цією оцінкою вклад антропогенних чинників у формування відхилень здоров'я складає від 10 до 57 %. Оцінка забруднення середовища за показниками здоров'я більш об'єктивніша, ніж зіставлення концентрацій окремих забрудників з гігієнічними нормами, оскільки інтегрально враховує вплив всіх, в тому числі неідентифікованих забруднювачів, їх комплексну і комбіновану дію на організм людини (Быстрых, 1995).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

За допомогою комплексних екологічних та медико-статистичних досліджень були виявлені домінуючі проблеми стану здоров'я мешканців міста Мелітополя Запорізької області. Порівняння результатів проведеного екологічного моніторингу і медичних даних показало значне збільшення захворюваності населення міста Мелітополя (особливо в період з 2005 по 2008 рр.).

В цей час проводилася утилізація боєприпасів на 275-й артбазі під Новобогданівкою. З 92 тонн боєприпасів більше половини вибухнули, інші були

«знешкоджені». Взагалі, за період з 28 серпня по 15 вересня 2005 року було утилізовано 21 550 кг пороху від реактивних снарядів, включаючи 130 кг балістичного й 450 кг піроксилінового пороху.

Слід зазначити, що саме антропогенний фактор обумовив виникнення цієї екологічної катастрофи техногенного характеру. При вибуху артилерійських снарядів завжди виділяється деяка кількість ядовитих газів – окису вуглецю CO, окисів азоту, пари ртуті і свинцю. Ядовиті гази утворюються також при хімічній взаємодії продуктів вибуху з навколишнім середовищем, в результаті чого вуглекислий газ відновлюється до токсичного окису вуглецю. При вибуху в масивах, що містять сірку, утворюються ядовиті окиси сірки і сірководень. Очевидно, що ці заходи суттєво зашкодили здоров'ю людей, які проживають на прилеглих територіях, що підтверджується даними медико-статистичних досліджень.

Встановлена певна залежність між рівнем захворюваності і наявною екологічною ситуацією. Так, у порівнянні з 2005 захворюваність органів дихання в 2008 році виросла більш ніж на 30 %. В цей період також спостерігався стабільний ріст цереброваскулярних хвороб (на 34 %). В 2005 році зареєстровані найбільші показники хвороб крові (в 2005 році – 0,4 %, в 2008 році – 0,1 %, в 2010 році – 0,1%), анемії (в 2005 році – 0,4 %, в 2008 році – 0,1 %, в 2010 році – 0,1 %), хвороб шкіри й підшкірної клітковини (в 2005 році – 3 %, в 2008 році – 1 %, в 2010 році – 1,5 %) за останні п'ять років.

В структурі захворюваності населення міста Мелітополя переважає ішемічна хвороба серця (2545 випадків на 10000 жителів), на другому місці – цереброваскулярні хвороби (1090 випадків на 10000 жителів), на третьому – онкологічні захворювання (425 випадків на 10000 жителів), на четвертому – хвороби шкіри й підшкірної клітковини (250 випадків на 10000 жителів), на п'ятому – хронічний бронхіт (130 випадків на 10000 жителів).

В період з 2006 по 2010 роки зберігалася стійка тенденція до зниження чисельності населення. В цілому в Мелітополі й Мелітопольському районі число померлих перевищило число народжених в 1,5 рази. Тривалість життя городян характеризується наступними даними: чоловіки – 59 років, жінки – 72 роки (обидві статі в середньому – 65 років). За самими оптимістичними прогнозами, в найближчі роки збережеться тенденція до скорочення загальної чисельності населення, особливо серед осіб чоловічої статі.

Результати медико-екологічних і гігієнічних досліджень переконливо свідчать, що забруднення навколишнього середовища спричиняють ембріотропний, мутагенний і онкогенний ефекти на людину, починаючи з ранніх етапів онтогенезу. Звісно, що оцінка негативного впливу забрудненого урбосередовища на смертність дитячого контингенту є найбільш інформативною. Так, у структурі смертності дітей міста Мелітополя переважають стани та синдроми, що виникають у перинатальному періоді – вроджені аномалії й хромосомні порушення, а також онкологічні хвороби й хвороби нервової системи.

Отже, антропогенне забруднення довкілля справляє виражену дію на формування популяційного здоров'я населення, особливо в зв'язку із динамічною урбанізацією. Тому, проблема несприятливого впливу факторів навколишнього середовища на стан здоров'я мешканців міста з кожним роком стає більш актуальною та потребує детальних досліджень.

ВИСНОВКИ

1. Антропогенна трансформація екосистем являється основною прикметою розвитку сучасного суспільства.
2. Людина в трансформованій урбосистемі виступає видом-ефікатором і головним реципієнтом якості міського середовища.
3. Соціально-психологічні зміни стану здоров'я мешканців міста обумовлюються в значній мірі візуальним забрудненням оточуючого середовища.
4. Оцінка стану навколишнього середовища за показниками популяційного здоров'я населення повинна враховувати інтегральний вплив всіх забруднювачів.

5. Перспективним напрямком сучасної антропоєкології виступає пріорітет комфортності умов життя людини.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Быстрых В. В. Комплексная гигиеническая оценка загрязнения окружающей среды промышленного города и показателей здоровья новорожденных: автореф. дис. ... канд. мед. наук / В. В. Быстрых. – Оренбург, 1995. – 23 с.

Димань Т. М. Екологія людини: підручник / Т. М. Димань. – К. : ВЦ Академія, 2009. – 376 с.

Калабеков А. Л. Проблемы экологии: Экологический мониторинг в оценке загрязнения городской среды / А. Л. Калабеков. – М. : ИМ-Информ, 2003. – 216 с.

Кожевина Л. С. Стратегия развития природных экосистем и экосистемы «Город» / Л. С. Кожевина // Экополис 2000: Экология и устойчивое развитие города. Мат. III междунар. конф. – М. : Изд-во РАМН, 2000. – С. 98.

Куранов Б. Д. Теоретические аспекты изучения экосистемы города / Б. Д. Куранов // Рациональное использование природных ресурсов Сибири. – Томск, 1989. – С. 182-190.

Мазинг В. В. Экосистема города, ее особенности и возможности оптимизации / В. В. Мазинг // Экологические аспекты городских экосистем. – Минск, 1984. – С. 181-191.

Сидоренко Г. И. Приоритетные направления научных исследований по проблемам оценки и прогнозирования влияния факторов риска на здоровье населения / Г. И. Сидоренко, Е. Н. Кутепов // Гигиена и санитария. – 1994. – № 8. – С. 3-5.

Стольберг Ф. В. Экология города / Ф. В. Стольберг. – К. : Либра, 2000. – 464 с.

Филин В. А. Видеоэкология / В. А. Филин. – М. : МЦ Видеоэкология, 2001. – 312 с.

Яницкий О. Н. Экология города. Зарубежные междисциплинарные концепции / О. Н. Яницкий. – М., 1984. – 240 с.

Надійшла до редколегії 22.06.11

ЛІСОВА ТИПОЛОГІЯ ТА ЛІСОВЕ ҐРУНТОЗНАВСТВО

УДК 630*23(477)

В. А. Горейко¹, В. В. Никифоров²

ТИПОЛОГИЯ А. Л. БЕЛЬГАРДА – ОСНОВА СОЗДАНИЯ ЛЕСОАГРАРНЫХ ЛАНДШАФТОВ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ УКРАИНЫ

¹Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара

²Кременчугский государственный политехнический университет им. М. Остроградского

В статье исследованы научные проблемы создания лесов в степной зоне Украины на типологических принципах А. Л. Бельгарда.

Ключевые слова: типология А. Л. Бельгарда, лесоаграрные ландшафты, степная зона Украины.

В. А. Горейко¹, В. В. Никифоров²

¹Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара

²Кременчуцький державний політехнічний університет ім. М. Остроградського

ТИПОЛОГІЯ О. Л. БЕЛЬГАРДА – ОСНОВА СТВОРЕННЯ ЛІСОАГРАРНИХ ЛАНДШАФТІВ У СТЕПОВІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ

У статті досліджено наукові проблеми створення лісів у степовій зоні України на типологічних принципах О. Л. Бельгарда.

Ключові слова: типологія О. Л. Бельгарда, лісоаграрні ландшафти, степова зона України.

V. A. Goreyko¹, V. V. Nykyforov²

¹O. Gonchar Dnepropetrovsk National University

²Kremenchug Mykhaylo Ostrogradskiy State Polytechnic University

O. L. BELGARD TYPOLOGY – THE BASE FOR FOREST AGRARIAN LANDSCAPE CREATION IN STEPPE ZONE OF UKRAINE

The article deals with the scientific problems of creating the forests in steppe zone of Ukraine on the base of the typological principles by O.L. Belgard.

Keywords: O.L. Belgard typology, forest agrarian landscapes, steppe zone of Ukraine.

Территория Украины характеризуется значительным разнообразием климата, почвы и растительности, степенью развития производительных сил. Исторически сложилось так, что степная ее часть оказалась наиболее освоенной в промышленном и сельскохозяйственном отношении.

Первые шаги в деле сбережения лесов и увеличения лесистости, особенно в малолесных районах, сделал Петр I, но меры Петра I почти полностью были отменены Екатериной II. Она раздавала казенные леса помещикам и, в угоду им, своим Указом 22 сентября 1782 г. предоставила каждому частному лесовладельцу «возможную свободу пользоваться по лучшему его изобретению всеми лесами, кои в собственных дачах произрастают».

В этот период началась сплошная вырубка лесов и распашка земель, что привело к угрожающему развитию эрозионных процессов (Калданов, 1952), что актуально и в настоящее время.

Существующие виды эрозийных процессов требуют зонального подхода по их защите.

Особое место занимают научные исследования биоразнообразия лесных культурбиогеноценозов в степной зоне Украины и их экологическая роль. Эти исследования позволяют изучить существующие лесные насаждения, их современное состояние и экологические свойства. На этой основе прогнозируются меры по созданию новых лесных насаждений на типологических принципах А. Л. Бельгарда.

Типология А. Л. Бельгарда строится на трех таксономических единицах:

1. Тип лесорастительных условий.
2. Тип экологической структуры.
3. Тип древостоя.

Тип лесорастительных условий характеризуется поемностью, механическим составом, минерализованностью почвенного раствора и градициями увлажнения.

Тип экологической структуры насаждения определяет световую структуру, которая зависит от архитектоники крон древесных пород.

Тип древостоя – это видовой состав и конструкция лесного насаждения, что приводит к созданию устойчивых или неустойчивых насаждений.

Для типологии А. Л. Бельгарда свойственен биогеноценологический подход к пониманию и исследованию леса, который базируется на идеях Г. Н. Высоцкого, Г. Ф. Морозова и В. Н. Сукачева (Рысин, 1982). А. Л. Бельгардом полностью принимается концепция лесного биогеноценоза, составляющими которого являются фитоценоз, зооценоз, микробоценоз, климатоп и эдафотоп.

Следует отметить, что типологическая классификация лесных насаждений сейчас настолько разработана и освоена, что установление типа лесорастительных условий не вызывает особых затруднений.

Положительные результаты лесоразведения в том или ином районе страны зависят от правильно выбранной технологии выращивания насаждений. В первую очередь это связано с подбором наиболее подходящих деревьев и кустарников, соответствующих как лесорастительным условиям, так и поставленным целям, а также с особенностями подготовки почвы, посадки и ухода за насаждениями, включая агротехнические, лесоводственные и лесозащитные мероприятия, а при необходимости – и приемы реконструкций и восстановления насаждений.

Лесомелиоративная эффективность, биологическая устойчивость и долговечность защитных лесонасаждений при прочих равных условиях определяются световой структурой, составом древесных пород и их соотношением в смешанных насаждениях. В защитном лесоразведении применяют деревья и кустарники, характеризующиеся разными биоэкологическими особенностями, во многих случаях производят посадку вне их естественных ареалов, в условиях непривычных, часто неблагоприятных или почти нелесопригодных. Поэтому агролесомелиорация рассматривает биологические свойства деревьев и кустарников через призму возможного использования их в новых условиях. Приобретают особое значение такие свойства, как засухоустойчивость и солевыносливость, жаростойкость и морозостойкость, архитектоника кроны, способность к временной консервации роста, устойчивость к вредителям и заболеваниям, возобновление порослью и размножение отпрысками, пластичность по отношению к почве, иногда – к свету, быстрота роста в высоту. Для пастбищных насаждений характерно быстрое отрастание вегетативных частей после многократного объедания животными; для насаждений на откосах оврагов – способность к быстрому закреплению неустойчивых грунтов; для посадок на рекультивируемых землях и в санитарно-защитных зонах промышленных предприятий – устойчивость к токсичности почвенного субстрата, воздуха и т.д.

В лесоводстве принято делить древесные породы на главные и сопутствующие в зависимости от предназначенной и фактически выполняемой ими роли в конкретных условиях. Главные породы образуют основной верхний ярус насаждений, они выполняют эдифицирующую и защитную роль. Это наиболее высокорослые, устойчивые и долговечные растения. Сопутствующие породы занимают второй ярус, они теневыносливы, часто плотнокронны, выполняют вспомогательную роль:

оттеняют почву, создают лучшие условия роста в высоту главным породам (например, «шубу» для дуба), очищают их стволы от нижних сучьев, уплотняют вертикальный профиль насаждения. В какой-то мере это деление условно и пригодно лишь для определенных лесорастительных условий, а в агролесомелиорации – для определенных районов, потому что одна и та же порода в разных условиях может выступать в разной роли: в одних – как главная, в других – как сопутствующая. Отдельные породы (клены татарский и полевой, шелковица, вишня обыкновенная, алыча, абрикос, рябина и др.) могут принимать кустарниковую форму.

Ассортимент деревьев и кустарников для защитного лесоразведения насчитывает более 150 пород и постоянно пополняется новыми видами, интродуцированными в степные, полупустынные и пустынные условия.

Подготовка почвы

В большинстве агролесомелиоративных районов почву под лесные культуры готовят, как правило, по определенной системе, включающей лущение стерни, основную вспашку, весенне-летнюю обработку пара, перепашку пара и предпосадочное рыхление. В основе этой системы находится черный пар. Лущение стерни предшествует основной вспашке и осуществляется сразу после уборки урожая сельскохозяйственных культур. Оно улучшает физическое состояние почвы, провоцирует прорастание семян сорных трав, облегчает зяблевую вспашку. Лущение производят на глубину 7–8 см дисковыми лущильниками. При закладке лесных полос по многолетним травам вместо лущения применяют дискование на глубину 10–12 см.

Наукой и практикой установлена положительная роль глубокой (плантажной) обработки почвы. При этом увеличиваются запасы влаги в почве, повышается приживаемость древесных пород, улучшается рост и развитие корневых систем и надземной части. На обыкновенных черноземах степной зоны основную вспашку проводят на глубину 27–30 см с одновременным углублением пахотного слоя до 40 см. В последние годы практикой установлена целесообразность проведения на легких почвах глубокого безотвального рыхления почвогрунтов рыхлителями РН-60, РН-80.

Содержание паров в чистом и рыхлом состоянии – важнейшее условие подготовки почвы. Обработку паров начинают с ранневесеннего покровного боронования. При массовом появлении всходов сорных трав приступают к культивации почвы. На черноземах первую культивацию выполняют на глубину 6–8 см, а последнюю – на 13–15 см. В случае образования на поверхности почвы корки боронование проводят независимо от засоренности. Особую опасность для жизни молодых деревьев представляют многолетние сорняки, поэтому их искоренение в период парования почвы должно быть наиболее тщательным. Для уничтожения многолетних сорняков применяют химические и биологические методы ухода за лесными культурами.

Нами установлено, что при глубоком рыхлении обыкновенных черноземов в значительной толще снизился объемный вес и порозность, что способствует накоплению и лучшему сохранению влаги (табл. 1, 2) (Горейко, 1989).

Очень важно правильно определить срок опрыскивания и ориентироваться при этом следует на зластные, трудно искореняемые другими средствами многолетники. Чаще всего поля бывают засорены осотом, молочаем и др. Наибольшей чувствительностью эти сорняки обладают к препарату 2,4-Д в стадии прикорневых розеток. Поэтому первое опрыскивание следует проводить в период массового появления многолетних корнеотпрысковых сорняков. Второе опрыскивание проводят после вторичного отрастания сорняков. Это происходит, как правило, через 40–50 дней после первого опрыскивания (в конце июля – начале августа). Именно в этот период происходит отток пластических веществ из надземной части растений в подземную, что дает возможность гербицидам системного действия, какими являются препараты 2,4-Д, проникать в корни сорняков и вызывать их отмирание. Через 2–3 недели после каждого опрыскивания проводят культивацию или дискование почвы. Цель этих приемов – измельчить органы вегетативного размножения сорняков и стимулировать их прорастание. Осенью пары перепахивают безотвальными орудиями на глубину 27–30 см.

Таблица 1

Влияние приемов обработки почвы на ее сложение

Вариант обработки	Глубина слоя, см	Объемная масса, г/см ³			Порозность, %		
		1986	1988	в среднем за 3 года	1986	1988	в среднем за 3 года
Вспашка на глубину до 60 см	0–10	1,02	1,04	1,04	61,3	60,6	60,8
	10–20	1,14	1,11	1,13	56,1	57,9	55,7
	20–30	1,16	1,17	1,18	55,7	55,3	55,3
	30–40	–	1,22	1,26	–	54,1	52,4
	40–50	1,32	1,26	1,30	50,3	52,7	51,0
	50–60	–	1,32	1,36	–	50,9	49,2
Безотвальное рыхление на глубину до 80 см	60–70	1,41	1,36	1,42	47,3	49,2	47,4
	0–10	0,96	0,91	0,96	63,2	63,2	62,9
	10–20	1,06	1,05	1,07	60,4	60,4	60,0
	20–30	1,13	1,12	1,13	54,7	59,0	57,3
	30–40	–	1,16	1,17	–	57,0	57,0
	40–50	1,21	1,22	1,23	55,3	51,2	51,7
	50–60	–	1,27	1,20	–	53,5	52,9
	60–70	1,31	1,28	1,31	51,8	52,5	51,9

Таблица 2

Динамика запасов продуктивной влаги при различных приемах подготовки почвы под лесные полосы

Варианты обработки	Слой почвы, см	Запасы продуктивной влаги, мм								
		1986			1987			1989		
		май	июнь	сентябрь	май	июнь	сентябрь	май	июнь	сентябрь
Вспашка на глубину до 60 см	0–50	94	104	92	103	116	93	100	74	45
	0–100	186	194	180	206	230	191	210	166	107
Безотвальное рыхление до 80 см	0–50	106	110	102	113	123	97	102	74	52
	0–100	209	104	191	225	248	195	213	173	137

Создание лесных защитных насаждений

Теоретическими и практическими вопросами создания лесных насаждений занимались многие ученые: Г. Н. Высоцкий (1983), В. Э. Шмит (1948), А. Ф. Водюнина (1967), В. Н. Трибунская (1974), В. Я. Колданов (1952), Н. А. Сидельник (1960), А. Л. Бельгард (1960, 1971), П. И. Мороз, В. П. Шлапак (2001) и др.

Г. Н. Высоцкий (1983) считает, что для степной зоны на богатых черноземах, лесных и овражных суглинистых почвах целесообразно создавать сложные насаждения двух-трех ярусные, с теневыми кронами деревьев и кустарников, густыми насаждениями, усиливающими затенение почвы.

В. Я. Колданов (1952) произвел анализ способов создания лесных культур – рядовой, квадратный, гнездовой. Все эти способы лесоразведения имеют свои преимущества и недостатки. Так, квадратный способ имеет лесоводственное преимущество, он выгоден для массивного лесоразведения.

Н. А. Сидельник (1960) обращал внимание на проведение анализа лесокультурных площадей с целью их использования для создания лесных массивных насаждений. Кроме оценки лесопригодности почв, большое значение при лесовыращивании уделялось вопросам лесной типологии, схемам смещения древесно-кустарниковых пород и др.

Крупное научное обоснование по созданию лесов в степной зоне Украины сделал А. Л. Бельгард. Он распределил территории для создания лесов по типам лесорастительных условий. Каждый тип лесорастительных условий в пределах зоны

обыкновенных черноземов характеризуется поемностью, механическим составом, степенью засоления и увлажнения почвы. Установленные для обыкновенных черноземов типы лесорастительных условий характерные для почв естественных растительных сообществ – очень сухие, сухие и суховатые градации, характеризуются черноземным типом почвообразования разных по механическому составу почв. Используя типологические принципы А. Л. Бельгарда можно выращивать высокопродуктивные и долговечные лесные насаждения.

На основе многостороннего изучения лесных защитных насаждений на полях степной зоны Украины рядом исследователей предложены более совершенные приемы создания лесных насаждений, полнее удовлетворяющие лесоводственные, мелиоративные и экологические требования. С 1973 года рекомендуется создавать лесные полосы из 3–5 рядов и, преимущественно, из одних древесных пород: одной главной и одной-двух сопутствующих. По составу древесных пород лесные полосы создают чистые или смешанные. На обыкновенных черноземах степной зоны устойчивы чистые насаждения из дуба черешчатого. Следует избегать применения чистых насаждений лесных полос из акации белой. Обычно они к 7–10 годам зарастают травами, затем происходит задернение междурядий и резко уменьшается прирост. Если же при посадке белоакациевых полос вводятся кустарниковые породы, то формируются устойчивые смешанные насаждения. Густокронные породы уплотняют древесный полог, повышают почвоулучшающую роль древостоя и создают более благоприятные условия для роста насаждений в целом. Их следует помещать в крайних рядах, где они лучше развивают густую крону, способствуют очистке нижних ветвей у главных пород. Рекомендуется в 3–4-рядных лесных полосах высаживать теневыносливые породы в крайних рядах через одно дерево, оставляя срединные ряды только для одной главной древесной породы. В этом случае на них приходится в 3-рядной полосе 33 % и в 4-рядной – 25 %. В 4–5-рядных лесных полосах крайние ряды можно полностью отводить для теневыносливых спутников с долей их в насаждениях соответственно 40 и 50 %.

Большое распространение получила механизированная посадка одно-двухлетними сеянцами. Семенами высевают ограниченное число древесных пород, главным образом, дуб и орехи. Посадочный материал оберегают от подсушивания и механических повреждений. Наряду с немедленной временной прикопкой сеянцев целесообразно практиковать заправку лесопосадочных машин из автомобилей или тракторных прицепов с закрытым кузовом, где сеянцы в течение рабочей смены содержат в упаковочном материале, по мере надобности их подвозят к лесопосадочным агрегатам. В засушливых районах степной зоны лучшее время для посадки – ранняя весна. В этот период в почве наибольшее количество влаги и она медленнее иссушается. Сеянцы древесных пород высаживают с таким расчетом, чтобы корневая шейка была засыпана землей на 5–8 см. Желуди дуба и ореха высаживают в лунки соответственно по 3–6 и по 2–4. Размещение сеянцев и лунок на лесокультурной площади должно соответствовать принятому способу выращивания насаждений.

Известно несколько способов выращивания лесных полос. Чаще всего применяют рядовой способ посадки или посева древесных пород, при котором сеянцы или семена высаживают (высевают) с помощью лесопосадочных машин, прямолинейными рядами с расстояниями между ними 2,5–3 м, в ряду сеянцы размещают одиночно через 0,5–0,75 м.

Выращивание лесных полос с заданной невысокой первоначальной густотой древесных пород требует соблюдения высокого качества лесопосадочных работ. В практике пока редко удается получить 100%-ную приживаемость сеянцев. Одной из причин этого является неплотная заделка корней сеянцев во время посадки. При слабом контакте корней с почвой сеянцы в первый же год приживаются плохо даже при достаточном количестве почвенной влаги. Поэтому не случайно высокой приживаемости достигают лишь в тех случаях, когда после механизированной посадки проводят уплотнение почвы вокруг сеянцев (отаптывание).

Чтобы содержать почву в чистом от сорняков состоянии, в одно-, двухлетних полосах необходимо проводить четыре-пять уходов, сосредотачивая их в первой половине вегетации, когда условия увлажнения благоприятствуют прорастанию большинства видов сорных трав. На третий год количество уходов за почвой в рядах и междурядьях сокращается до трех, так как многие древесные породы смыкаются кронами и начинают сами подавлять сорную растительность. На четвертый и пятый год делается по одному уходу в рядах и два-три ухода в междурядьях. В последующем уходы проводят в междурядьях.

Большой практический опыт по выращиванию лесных полезащитных полос накоплен лесоводами Верхнеднепровского гослесхоза. В период с 1976–1992 гг. здесь создано около 1 тыс. га лесных полезащитных полос, 93 % из них с главной породой – дуб. Высокая агротехника лесовыращивания, применение комплексной механизации по уходу за лесными полосами полностью сократили ручной труд.

Наряду с уходами за почвой до сдачи лесных полос в эксплуатацию (первый возрастной период) осуществляют лесоводственные меры ухода. В лесных полосах на обыкновенных черноземах обрезают нижние ветки на стволах главных и сопутствующих пород, удаляют сильно поврежденные и усыхающие деревья. Подчистку стволов и удаление поврежденных и усыхающих деревьев проводят с поздней осени до ранней весны, а кустарники вырубает во второй половине вегетационного периода.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных научных исследований можно заключить следующее:

1. Основой при создании степных лесов является типология А. Л. Бельгарда, предусматривающая биогеоэкологический подход при лесовыращивании.
2. Типологические и технологические принципы, применяемые при создании лесных насаждений в степной зоне, составляют основу оптимизации лесоаграрного ландшафта.
3. Созданные на типолого-технологической основе лесонасаждения степной зоны Украины являются большим, важным и сложным объектом лесоводственной и агро-лесомелиоративной науки и практики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев Е. В. Об основных понятиях лесоводственной типологии / Е. В. Алексеев. – К., 1927. – 24 с.
- Алексеев Е. В. Типы Украинского леса Правобережья / Е. В. Алексеев. – К., 1928. – 119 с.
- Бельгард А. Л. Лесная растительность юго-востока УССР / А. Л. Бельгард. – К., 1950. – С. 83-209.
- Бельгард А. Л. О теории структуры искусственного лесного сообщества в степи / А. Л. Бельгард // Искусственные леса степной зоны Украины. – Х. : ХГУ, 1960. – С. 17-32.
- Бельгард А. Л. Степное лесоведение / А. Л. Бельгард. – М. : Лесн. пром-ть, 1971. – 336 с.
- Вакулюк П. Г. Ліси України / П. Г. Вакулюк, В. И. Самоплавский. – К. : Наук. думка, 1998. – 450 с.
- Воробьев Д. В. Важнейшие задачи лесной типологии / Д. В. Воробьев // Зап. Харьк. СХИ. – 1957. – Т. 16. – С. 11-23.
- Высоцкий Г. Н. Защитное лесоразведение / Г. Н. Высоцкий. – К. : Наук. думка, 1983. – 204 с.
- Горейко В. А. Экологическая роль полезащитных лесных полос в повышении урожайности сельскохозяйственных культур / В. А. Горейко // Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. – Д. : ДДУ, 1998. – С. 97-105.
- Калданов В. Я. Степное лесоразведение / В. Я. Калданов. – М. : 1952. – С. 15-56.
- Лавриненко Д. Д. Значение типов леса в лесном хозяйстве / Д. Д. Лавриненко // Труды совещ. по лесной типологии. – М. : АН СССР, 1951. – С. 56-66.
- Мороз П. И. Комплексное освоение среднеднепровских песчаных массивов / П. И. Мороз. – Львов, 2000. – 223 с.

- Морозов Г. Ф.** Борьба с засухой при культуре сосны / Г. Ф. Морозов // Очерки по лесокультурному делу. – М. ; Л. : Сельхозиздат, 1930. – С. 89-132.
- Нестеров В. Г.** Общее лесоводство / В. Г. Нестеров. – М. : Лесн. пром-ть, 1958. – 390 с.
- Погребняк П. С.** Основы лесной типологии / П. С. Погребняк. – К. : АН УССР, 1955. – 455 с.
- Рысин Л. П.** Лесная типология в СССР / Л. П. Рысин. – М. : Наука, 1982. – С. 53-68.
- Сидельник Н. А.** Краткая естественно-историческая характеристика степной зоны Украины в границах экспедиции / Н. А. Сидельник // Искусственные леса степной зоны Украины. – Х., 1960. – С. 7-15.
- Сукачев В. Н.** Методические указания по изучению типов леса / В. Н. Сукачев, С. В. Зонн. – М. : АН СССР, 1961. – 104 с.
- Шмит В. Э.** Типы лесных культур в степи / В. Э. Шмит. – М., 1948. – С. 41-67.

Надійшла до редколегії 04.07.11

ЛІСОВА ГІДРОЛОГІЯ

УДК 574.64

П. Андраш, Я. Дадова, Э. Штрбова

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТОКСИЧНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ГОРНОГО РЕГИОНА ЛЮБЬЕТОВА (ЦЕНТРАЛЬНАЯ СЛОВАКИЯ)

Университет имени Матей Бела, Словацкая Республика

Установлено, что распределение тяжелых металлов в горных породах и рудных отвалных массивах Любьетова – Подлипа (Центральная Словакия) является неравномерным и соответствует первичной концентрации металлов в техногенных отложениях, а также их миграционным свойствам.

Выявлено, что поверхностные воды загрязнены медью (ПДК, установленные Указом № 296/2005 превышены в сотни раз), а также мышьяком. Значения pH поверхностных и дренажных вод соответствуют нейтральной реакции (6,1–7,7), поэтому наличие кислой шахтной (дренажной) воды исключено.

Сырая вода также загрязнена мышьяком, а питьевая вода не соответствует нормативам Указа № 354/2006 для марганца и кадмия. Вода источника Линхарт превышает нормативные значения, установленные для содержания естественных радионуклидов в минеральной воде (Постановление № 528/2007).

Доказана способность дренажной воды осаждать медь в процессе цементации на поверхности железных объектов. Эта особенность может быть успешно использована для создания геохимического Fe^0 -барьера с целью снижения уровней загрязнения земель тяжелыми металлами.

Ключевые слова: токсичные элементы, подземные и поверхностные воды.

П. Андраш, Я. Дадова, Э. Штрбова

Університет імені Матей Бела, Словацька Республіка

РІВНІ ЗАБРУДНЕННЯ ТОКСИЧНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ ПІДЗЕМНИХ І ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ГІРНИЧОГО РЕГІОНУ ЛЮБЬЕТОВА (ЦЕНТРАЛЬНА СЛОВАЧЧИНА)

Встановлено, що розподіл важких металів в гірських породах і рудних відвальних масивах Любьетова – Підлипу (Центральна Словаччина) є нерівномірним і відповідає первинній концентрації металів у техногенних відкладеннях, а також їх міграційним властивостям.

Виявлено, що поверхневі води забруднені міддю (ГДК, встановлені Указом № 296/2005 перевищені в сотні разів), а також миш'яком. Значення pH поверхневих і дренажних вод відповідають нейтральній реакції (6,1–7,7), тому наявність кислої шахтної (дренажної) води виключено.

Сира вода також забруднена миш'яком, а питна вода не відповідає нормативам Указу № 354/2006 для марганцю та кадмію. Вода джерела Лінхарта перевищує нормативні значення, встановлені для вмісту природних радіонуклідів у мінеральній воді (Постанова № 528/2007).

Доведено здатність дренажної води осаджувати мідь в процесі цементації на поверхні залізних об'єктів. Ця особливість може бути успішно використана для створення геохімічного Fe^0 -бар'єру з метою зниження рівнів забруднення земель важкими металами.

Ключові слова: токсичні елементи, підземні та поверхневі води.

P. Andras, J. Dadova, E. Shtrebova
Matej Bel University, Slovak Republic

POLLUTION LEVELS OF TOXIC ELEMENTS OF THE UNDERGROUND AND SURFACE WATER IN THE MOUNTAIN REGION LYUBETOVA (CENTRAL SLOVAKIA)

Distribution of heavy metals in rocks and ore dump arrays Lyubetova – Podlipa (Central Slovakia) is uneven and corresponds to the primary concentration of metals in sediments of man-made, as well as their migratory properties.

Surface water is contaminated with copper (MPC set Decree number 296/2005 exceeded hundreds of times), as well as arsenic. The pH values of surface and drainage water correspond to neutral (6,1–7,7), so the presence of an acid mine (drainage) water is excluded.

Raw water is also polluted with arsenic and drinking water is not in compliance with the Decree № 354/2006 for manganese and cadmium. Water source exceeds the regulatory Linhart values set for the content of natural radionuclides in mineral water (Decree № 528/2007).

The ability of water to precipitate the copper in the process of hardening the surface of iron objects. This feature can be successfully used to create geochemical FeO-barrier to reduce the levels of land contamination by heavy metals.

Key words: toxic chemicals, underground and surface water.

Горный регион Любетьова является крупнейшим месторождением медной руды в Словацкой республике. В соответствии с археологическими находками здесь добывали медь уже в бронзовом веке (Koděra et al., 1990). Месторождение Подлипа образовалось в среде терагенных пермских пород любетовского кристаллического щита, состоящего из сланцев и конгломератов, контактирующих с гранодиоритными порфирами и порфироидами нижней Перми. На территории месторождения было создано 18 штолен. Содержание меди в руде составляет от 40 до 10 %, в исключительных случаях – до 22 %, а содержание Ag – 70 г.т⁻¹. Bergfest (1951) также указывает на наличие в руде золота. Добыча полезных ископаемых проводилась главным образом в XV–XVIII веках. Эксплуатация прекратилась в середине 19-го века (Plavský et al., 1994). Из месторождения в течение 500 лет добыто около 25 тыс. т меди. Существующие ныне запасы меди оцениваются около 25000 т (Bergfest, 1951).

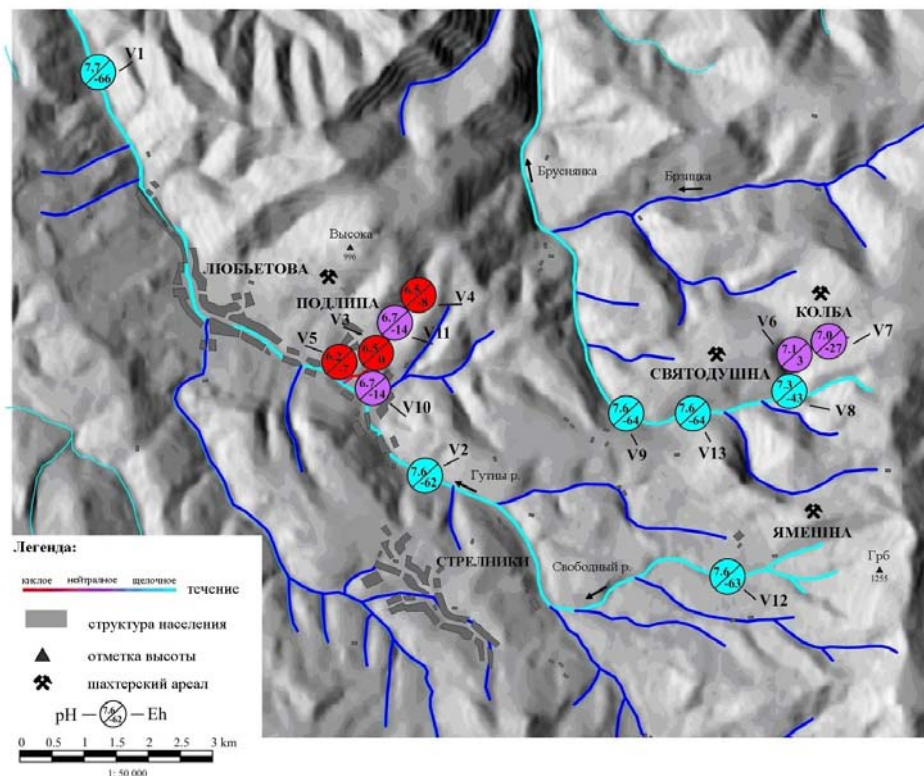
Процессы выветривания высокореактивных минералов в преимущественно кислой породной среде мобилизуют тяжелые металлы и многие другие элементы, и тем самым приводят к загрязнению компонентов природной среды. Снижение pH в техногенных отложениях отвальных массивов месторождения Любетьова является причиной высвобождения тяжелых металлов в подземные и поверхностные воды из твердой фазы, где они находятся в форме плохо растворимых минералов или в сорбционном комплексе (Andráš et al., 2007).

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Отбор проб техногенных отложений, подземных и поверхностных вод на отвальных массивах месторождения Любетьова производился на протяжении 2006–2008 годов. На поверхности отвального массива было отобрано 35 проб. Навеска каждого образца составляла 3,0–3,5 кг. Образец представляет собой усреднение 6–10 однородных проб. Образцы техногенных отложений были исследованы на содержание тяжелых металлов и некоторых других элементов. Пробы на определение Ca, Mg, S, Cd, Co, Ni, As, Sb, Mn, U, Th расплавлялись с использованием смеси метрaborата и тетрабората лития с последующим растворением в разбавленной азотной кислоте. Для определения Fe, Pb, Zn и Cu использовалось 0,5 г образца, который выщелачивался в подогретой царской водке. Для анализа отдельных элементов использовался метод ICP-MS в лаборатории ACME Analytical Laboratories Vancouver Ltd. Canada.

Пробы поверхностных и подземных вод (образцы V-1 и V-13) были отобраны в июне 2006 года после сезона дождей (отмечены индексом «а») и в сухой период – феврале 2007 года (отмечены индексом «б»). Пробы подземных вод были взяты из колодцев (č.d.-423, č.d.-470), образцы V-6 и V-7 представляют собой пробы воды, вытекающей из штолен. Образец LH-1 является пробой минеральной воды из источника Линхарт. Они были отобраны в июне 2006 г., феврале 2007 г. и мае 2008 г. (рисунок).

Следовый анализ был проведен для пробы воды объемом 1000 мл, стабилизированной добавлением 10 мл HNO_3 . Во время отбора „*in situ*“ измерялись температура, pH и Eh. Методом атомно-абсорбционной спектрометрии определялась концентрация Ca, Cu, Fe, As, Cd, Co, Mg, Mn, Ni, Pb, Sb, Zn (методики атомизации пламенем – FAAS, электротермической атомизации – ETAAS и генерирования гидридов – HGAAS) в лаборатории Научно-исследовательского института водного хозяйства (Братислава). В ноябре 2007 года были отобраны пробы воды из источника Линхарт для определения α - и β -радиоактивности, а в июне 2008 г. – для определения радиоактивности (^{226}Ra и $^{234, 235, 238}\text{U}$).



Расположение участков отбора проб подземных и поверхностных вод

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований установлено, что загрязнение отложений токсичными элементами является очень неравномерным. Распределение микроэлементов отражает их первичную концентрацию в отдельных частях отвалного массива и также геохимические закономерности, среди которых в первую очередь нужно упомянуть их миграционные способности. Причину повышенной концентрации U (mg.kg^{-1}) и Th (десятки mg.kg^{-1}) можно объяснить их присутствием в пермских породах, характеризующихся высоким содержанием радиоактивных элементов. pH водных вытяжек отложений колеблется в пределах от 4,2 до 7,9. Диапазон значений pH, определенных в KCl-содержащей вытяжке (mol.l^{-1}) изменяется в диапазоне 4,0–7,3.

Величины pH поверхностных вод (в том числе дренажных) в окрестностях Подлипа, как правило, находятся в пределах нейтрального значения (6,1 – 7,5), в то время как вода из окрестностей Колбы и Троицина характеризуется нейтральной или слабощелочной реакцией (7,0–7,7, за исключением одного случая – 6,4) (табл. 1). Установлено, что на pH воды всех проанализированных проб не влияли сезонные изменения.

Сравнительный анализ концентрации элементов в исследованных поверхностных водах и нормативных показателей, установленных приказом № 296/2005, показывает, что нормативы превышены только для меди (ПДК 20 $\mu\text{g.l}^{-1}$) и мышьяка (ПДК 30 $\mu\text{g.l}^{-1}$). Предельно-допустимая концентрация для сурьмы не установлена. Концентрация остальных элементов в сухой сезон, как правило, примерно на одну треть выше, чем в сезон дождей (табл. 1).

Андраш и др. (2008) обнаружили, что процесс цементации, происходящий в месторождении Шпанья долина, также протекает и в месторождении Любьетова, что может быть успешно использовано для создания Fe^0 -барьеров с целью извлечения тяжелых металлов (особенно Cu, As, Sb, Cd) из дренажных вод.

Таблица 1

Концентрация токсичных элементов в поверхностных водах

Образец	pH	Eh, mV	Mn	Zn	Cd	Co	Cu	Fe	Ni	Pb	Sb	As
			$\mu\text{g.l}^{-1}$									
V-1b	7,7	-69	<1	40	0,08	2,3	40,4	390	6,9	5,3	2,10	7,05
V-1c	7,7	-66	13	<10	0,15	<1,0	7,5	215	<1,0	4,2	<1,00	<1,00
V-2a	7,6	-62	<1	30	0,07	1,9	30,4	270	4,3	3,2	2,00	6,02
V-3a	6,7	-12	<1	30	0,04	7,0	1 810,0	86	3,2	2,2	1,12	<1,00
V-3b	6,2	14	<1	40	0,05	9,6	2 060,2	101	4,9	2,8	1,88	3,41
V-3c	6,5	0	21	<10	<0,05	7,6	1 980,0	45	8,5	2,8	2,35	1,14
V-4a	6,5	-6	<1	<10	0,04	1,1	2,2	26	4,1	4,2	0,74	<1,0
V-4b	7,5	-58	<1	<10	0,05	2,2	2,7	73	5,9	4,3	<1,00	<1,0
V-4c	6,5	-8	11	<10	<0,05	<1,0	5,1	94	1,2	<1,0	1,03	<1,0
V-5*	6,2	-7	4	30	0,07	6,6	8,1	160	8,1	1,0	2,00	1,08
V-5a	6,2	-11	<1	<10	0,06	5,5	6,0	170	6,0	4,8	1,66	2,79
V5b	6,1	-8	7	20	0,08	8,3	7,9	210	7,1	5,1	2,21	3,21
V-8a	7,7	-66	8	40	0,04	0,1	2,0	540	1,4	2,4	1,13	5,03
V-8b	7,3	-43	9	50	0,09	0,1	13,0	466	1,0	3,2	1,20	38,5
V-9a	7,6	-64	7	20	0,12	2,9	5,0	260	1,1	1,7	5,10	52,0
V-9a	7,7	-67	8	30	0,04	<1,0	8,0	250	1,1	1,5	4,98	48,4
V-10a	6,7	-14	<1	<10	0,06	3,1	22,2	263	2,1	4,2	1,72	<1,0
V-10b	6,2	14	<1	<10	0,06	8,1	1 850,0	274	5,6	3,6	1,57	1,21
V-11b	6,7	-14	<1	<10	0,13	<1,0	42,1	584	2,1	3,0	<1,00	1,69
V-11c	6,9	-21	<1	<10	0,11	<1,0	40,3	498	2,0	2,9	<1,00	1,42
V-12a	7,6	-63	<1	20	0,09	4,3	2,4	140	3,2	2,8	1,10	5,0
V-13a	7,6	-64	7	20	0,04	5,1	5,0	260	3,9	2,2	5,10	49,0

Пробы исследованных подземных вод (табл. 2) можно разделить на две группы: сырые и питьевые воды. К сырым водам относятся образцы T-1, LH-8 LH-9, V-6 и V-7, к питьевым водам – образцы из колодцев домов № 423 и 470 (отвальный массив в окрестностях Подлипа). Эта группа включает в себя также воды минерального источника Линхарт (образец LH-1). Первая группа образцов соответствует нормативам, утвержденным Постановлением Министерства охраны окружающей среды Словацкой республики № 636/2004, а вторая группа – Указом правительства Словацкой республики № 354/2006.

Сырая вода всех проб, за исключением мышьяка в образцах LH-8, LH-9, V-6 и V-7 (ПДК <0,05 mg.l^{-1}), соответствуют нормативам Постановления Министерства

охраны окружающей Словацкой республики № 636/2004, регламентирующим требования к качеству сырой воды, в том числе в водопроводах общего пользования.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что концентрация тяжелых металлов в пробах воды из колодцев домов № 423 и 470 не превышает нормативы, предусмотренные Указом правительства Словацкой республики № 354/2006 для питьевой воды. Наиболее загрязненной является минеральная вода из источника Линхарт. Установлено превышение предельно допустимых концентраций для марганца в 1,1 и кадмия в 25 раз соответственно, а также превышение нормативных значений содержания природных радионуклидов в минеральной воде (α -радиоактивность) в 6,5 (Указ № 528/2007).

Таблица 2

Концентрация токсичных элементов в подземных водах

Образец	pH	Eh, mV	Ca	Mg	Fe	Ni	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb	As	Sb
			mg.l ⁻¹		µg.l ⁻¹								
T-1	6,6	-4	16,5	7,7	11	–	<5	<10	22	<0,1	<1,1	<1	<1
T-1c	6,6	-10	–	–	17	1,2	<5	<10	1,3	<0,1	1,9	<1	<1
V-6a	6,4	+1	–	–	200	1,1	<1	<10	3	0,1	2,8	58,5	3,4
V-6d	7,1	+3	–	–	57	1,9	<1	<10	1,5	<0,1	3,8	37,9	3,3
V-7a	7,0	-27	–	–	120	0,6	<1	<10	2	0,1	1,8	61,5	3,4
V-7b	7,1	-29	–	–	8	3,8	<1	<10	0,9	0,1	2,8	38,5	4,4
LH-8	6,4	1	–	–	200	11	<5	<10	30	<0,2	<1	58	<1
LH-9	6,9	-27	–	–	120	6	<5	<10	20	<0,2	<1	61	<1
č.d. 423	6,7	-14	19,1	8,1	366	–	18	<10	3	<0,1	1,3	<1	<1
č.d. 423c	6,7	-13	–	–	210	1,5	8	<10	2,2	<0,1	<1	<1	<1
č.d. 470	6,9	-21	41,1	120	146	–	15	61,0	14	0,1	3,4	5	1,4
č.d. 470c	6,8	-22	–	–	120	<1	17	350	5,9	0,1	3,3	1,52	1,21
LH-1a	6,4	+4	–	–	380	5	20	<10	30	0,5	–	–	–
LH-1	6,5	-3	–	–	381	<1	22	<10	32	76	–	–	–
LH-1b	6,5	-2	–	0,1	226	<1	55	<10	181	2	<1	2,5	<1

ВЫВОДЫ

Установлено, что распределение тяжелых металлов в горных породах и рудных отвалных массивах Любетева – Подлипа (Центральная Словакия) является неравномерным и соответствует первичной концентрации металлов в техногенных отложениях, а также их миграционным свойствам.

Выявлено, что поверхностные воды загрязнены медью (ПДК, установленные Указом № 296/2005 превышены в сотни раз), а также мышьяком. Значения pH поверхностных и дренажных вод соответствуют нейтральной реакции (6,1–7,7), поэтому наличие кислой шахтной (дренажной) воды исключено.

Сырая вода также загрязнена мышьяком, а питьевая вода не соответствует нормативам Указа № 354/2006 для марганца и кадмия. Вода источника Линхарт превышает нормативные значения, установленные для содержания естественных радионуклидов в минеральной воде (Постановление № 528/2007).

Доказана способность дренажной воды осаждать медь в процессе цементации на поверхности железных объектов. Эта особенность может быть успешно использована для создания геохимического Fe⁰-барьера с целью снижения уровней загрязнения земель тяжелыми металлами.

Благодарности: исследования проведены при поддержке Министерства образования Словацкой Республики (грант 2-0065-11) и APVV (грант 0663-10).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Andráš, P., Jeleň, S., Križani, I., Matúšková, L.**, 2007: Možnosti využitia medonosnej vody z haldového poľa Podlipa. In: Geochémia 2007, Ďurža, O., Rapant, S. (Eds.), Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava, 26-28.
- Andráš, P., Jeleň, S., Križani, I.**, 2008: Cementačný účinok drenážnej vody z haldového poľa Ľubietová-Podlipa. Mineralia Slovaca, 39, 4, 303-308.
- Bergfest, A.**, 1951: Baníctvo v Ľubietovej na medenú rudu. Banská Štiavnica: Manuskript–Ústredný banský archív pre Slovensko, rukopis, 89 p.
- Ilavský, J., Vozárová, A., Vozár, J.**, 1994: Ľubietová – štruktúrno-vyhľadávacie vrty LU-1, LU-2 a LU-3. Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, 7 p.
- Koděra, M. et al.**, 1990 : Topografická mineralógia 2, Veda vydavateľstvo SAV, 195 p.
- Lintnerová, O., Majerčík, R.** 2005: Neutralizačný potenciál sulfidického odkaliska Lintich pri Banskej Štiavnici – metodika a predbežné hodnotenie. Mineralia Slovaca, 37, 4, 517-528.
- Nariadenie vlády SR č. 296/2005 Z. z.**, ktorým sa ustanovujú požiadavky na kvalitu a kvalitatívne ciele povrchových vôd a limitné hodnoty ukazovateľov znečistenia odpadových a osobitných vôd.
- Nariadenie vlády SR č. 354/2006 Z. z.**, ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu.
- Sobek, A. A., Schuller, W. A., Freeman, J. R., Smith, R. M.**, 1978: Field and laboratory methods applicable to overburden and minesoils, U. S. Environmental Protection Agency, Environmental Protection Technology, Cincinnati, OH, 203 p.
- Vyhláška MŽP SR č. 636/2004 Z. z.**, ktorou sa ustanovujú požiadavky na kvalitu surovej vody a na sledovanie kvality vody vo verejných vodovodoch.
- Vyhláška MZ SR č. 528/2007 Z. z.**, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na obmedzenie ožiarovania z prírodného žiarenia.

Надійшла до редколегії 12.07.11

РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.41+477.63+624.131.4

В. М. Савосько, Ю. В. Булахова

ЕДАФИЧНА ТА ГЕОХІМІЧНА ОБУМОВЛЕНІСТЬ УСПІШНОСТІ СИНГЕНЕЗУ ТРАВ'ЯНИСТОЇ РОСЛИННОСТІ НА ЗАЛІЗОРУДНОМУ ВІДВАЛІ

Криворізький державний педагогічний університет

Досліджено хімічні, фізичні та фізико-хімічні властивості едафотопів залізорудного відвалу. Проаналізовано показники успішності сингенезу трав'янистої рослинності в межах хроносерії відвалу. Виявлено, що серед властивостей едафотопів відвалу найбільше значення для розвитку процесів самовідновлення трав'янистої рослинності мають: вміст органічної речовини в гумусовому горизонті та насипна щільність.

Ключові слова: Криворізький залізорудний регіон, едафотопи відвалів, сингенез, трав'яниста рослинність, кореляційні залежності.

В. Н. Савосько, Ю. В. Булахова

Криворожский государственный педагогический университет

ЕДАФИЧЕСКАЯ И ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ УСПЕШНОСТИ СИНГЕНЕЗА ТРАВЯНИСТОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ЖЕЛЕЗОРУДНОМ ОТВАЛЕ

Исследованы химические, физические и физико-химические свойства едафотопов железорудного отвала. Проанализированы показатели успешности сингенеза травянистой растительности в пределах хроносерии отвала. Выявлено, что среди свойств едафотопов отвала наибольшее значение для развития процессов самовосстановления травянистой растительности имеют: содержание органического вещества гумусового горизонта и насыпная плотность.

Ключевые слова: Криворожский железорудный регион, эдафотоп отвалов, сингенез, травянистая растительность, корреляционные зависимости.

V. M. Savosko, U. V. Bulakhova

Kryvyi Rih State Educational University

EDAPHICAL AND GEOCHEMICAL CONDITIONALITY OF THE GRASS SUCCESS SYNGENESIS ON IRON MINING WASTES DUMPS

Chemical, physical and physical-chemical properties of substrates on iron mining wastes dumps were investigated. Indicators of grass success syngeneses within the research plots of dump were established. It is found that among the substrate's properties on iron dump the greatest importance for the development of self-healing processes grass are: the content of organic matter into humus horizons and the bulk density.

Keywords: Kryvyi Rih ore mining region, substrates of dumps, syngeneses, grass, correlations.

Пізнання теоретичних основ та практичних аспектів самовідновлення рослинного покриву на техногенних ландшафтах Криворізького залізорудного регіону має давню історію та значні наукові здобутки. За останні 30-40 років проведено успішні чисельні і різноманітні наукові дослідження, результатом яких стало з'ясування закономірностей флористичного складу різних стадій сингенезу (Добровольський, 1979; Хлизіна, 2004), його екологічних та екоморфічних

особливостей в залежності від екологічних та едафічних умов (Маленко, 2001; Хлизіна, 2004), фундаментальних аспектів формування та розвитку серійних угруповань рослинності (Ворошилова, 2010; Шанда, 2008), а також розробка заходів оптимізації техногенних ландшафтів (Добровольський, 1979; Мазур, 2005).

Разом з тим, окремі важливі аспекти цієї проблеми залишилися поза увагою науковців. Зокрема, вивчення едафічних характеристик техногенних ландшафтів, як передумови самовідновлення рослинного покриву, досліджено в недостатньому обсязі. В більшості випадків лише вказується та декларується значущість техногенних субстратів, структурних та функціональних замінників природних ґрунтів, для самовідновлення рослинності. Водночас практично відсутні наукові публікації, де на основі статистичних розрахунків (кореляційно-регресійних та інших) була б підтверджена значущість субстратів, а також уточнений напрямок та сила дії провідних властивостей едафотопів. У зв'язку з цим, актуально та важливо з'ясувати едафічну та геохімічну обумовленість успішності сингенезу трав'янистої рослинності на залізорудному відвалі, що і було обрано за мету нашої роботи.

ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводились на відвалі № 1 ВАТ «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат», де було закладено профіль північної експозиції, починаючи з плато до підніжжя. В межах профілю було обрано п'ять моніторингових ділянок (розміром 10 × 10 м), які розташовувалися на горизонтальних поверхнях (плато та бермах) та відрізнялися часом відсіпки, а також едафічними умовами (табл. 1).

Таблиця 1

Загальні характеристики моніторингових ділянок

№	Ділянка	Місце розташування	Стан трав'янистої рослинності		Едафічні умови
			Тривалість самовідновлення, роки	Проективне покриття, %	
1	I	Підніжжя відвалу	45–50	90–100	Лесоподібний суглинок (100 %)
2	II	Берма № 2	35–40	50–60	Кварцити (50–60 %), глина (20–25 %), рухляк (20–25 %)
3	III	Берма № 4	30–35	90–100	Рухляк (40–45 %), кварцити (20–30 %), глина (20–25 %)
4	IV	Берма № 6	20–25	60–70	Рухляк (45–50 %), кварцити (20–30 %), глина (15–20 %)
5	V	Плато	15–20	≤40	Кварцити (60–70 %), сланці (10–20 %), рухляк (5–10 %)

В межах ділянок визначали видовий склад трав'янистої рослинності. Водночас, відбирали зразки: наземної фітомаси травостою методом укисних квадратів (Родин, 1967); субстратів відвалу з гумусового горизонту та з глибини 0–20 см (Аринушкіна, 1970). В камеральних умовах проводилось уточнення назв рослин та їх систематична приналежність. Фітомаса травостою висушувалась та зважувалась. В зразках субстратів, за загально прийнятими методиками (Аринушкіна, 1970), визначались: вміст гумусу та органічної речовини; водна та сольова кислотність розчинів субстратів; вміст обмінних основ (суми, кальцію та магнію); щільність

(насипна та твердої фази). Отримані результати опрацьовувались математичними методами з використанням варіаційної та кореляційної статистик на рівні значущості $P < 0,95$ (Лакин, 1990).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Характеристика едафотопів

В межах моніторингових ділянок залізорудного відвалу вміст гумусу в гумусовому горизонті знаходиться в інтервалі 4,58–9,90 % (табл. 2). Отримані значення дещо вище показників в фонових зональних ґрунтах (чорноземи звичайні). Однак виявлена тенденція є цілком закономірною для регенеративних ґрунтів багатьох індустриальних регіонів (Абакумов, 2010).

Слід відзначити, що серед моніторингових ділянок вміст гумусу поступово збільшується відповідно вектору хроносерії (від плато до підніжжя) і сягає максимальних значень на ділянці II, яка характеризується максимальним віком самовідновлення рослинного покриву на відвалі. Вміст органічної речовини в гумусовому горизонті моніторингових ділянок в 2,0–2,5 разів вищий за вміст гумусу, проте він повторює відмічену раніше закономірність, тобто збільшується в напрямку від плато до підніжжя. За результатами наших досліджень вміст органічної речовини в поверхневому шарі 0–20 см едафотопів відвалу знаходиться в межах 7,93–16,20 %, що в порівнянні з зональними ґрунтами на 15–25 % менше. При цьому кількість органічної речовини поступово збільшується від плато (ділянка V) до підніжжя (ділянка I).

Аналіз отриманих результатів показав, що актуальна кислотність субстратів відвалу (водна витяжка) коливається від 7,08 до 8,83 (табл. 2). Максимальні значення цього показника притаманні «наймолодшим» ділянкам (I та II), в той час, як на «найстарших» ділянках (III та IV) вони мінімальні. Підніжжя відвалу, завдяки високій кількості карбонатів, характеризується найбільшими значеннями актуальної кислотності. Обмінна кислотність субстратів відвалу (сольова витяжка) знаходиться в інтервалі 7,22–7,99 та цілком повторює відзначену вище тенденцію актуальної кислотності. Слід наголосити, що кислотність субстратів залізорудного відвалу на 15–25 % вища, ніж у фонових ґрунтів.

Сума обмінних основ в межах дослідних ділянок коливається від 7,49 мг.-екв/100 г ґрунту – плато відвалу (ділянка V) до 25,12 мг.-екв/100 г ґрунту – підніжжя відвалу (ділянка I). За виключенням першої ділянки, виявлені значення цього показника в 1,5–3,5 рази менші за фонові значення чорноземів звичайних. Мінімальні значення суми обмінних основ характерні для ділянки V (плато відвалу), в подальшому цей показник збільшується і знаходиться майже на одному рівні (ділянки II–IV). Слід відзначити, що структура суми обмінних основ субстратів відвалу характеризується значною питомою вагою обмінного магнію, яка становить 47,3–56,1 %, що в 2,5–3,5 разів більше ніж у фонових ґрунтах. При цьому спостерігається чітка тенденція зменшення кількості обмінного магнію в межах вектора хроносерії – від першої до п'ятої ділянок.

Встановлено, що значення насипної щільності едафотопів відвалу знаходяться в межах 1,12–1,44 г/см³, що практично відповідає фоновим показникам. При цьому спостерігається чітка тенденція зменшення щільності відповідно до віку самовідновлення ґрунтового покриву. Значення щільності твердої фази субстратів коливаються від 2,77 г/см³ (ділянка I – підніжжя відвалу) до 3,29 г/см³ (ділянка V – плато відвалу). За виключенням першої ділянки, чисельні значення щільності на 20–30 % вищі за показники чорноземів звичайних. Цей факт вказує на низький рівень трансформації мінеральної частини едафотопів відвалу під впливом процесів первинного ґрунтоутворення.

Характеристика сингенезу трав'янистої рослинності

За результатами наших досліджень, на залізорудному відвалі, в межах моніторингових ділянок, виявлено 43 види вищих трав'янистих рослин, які відносяться до 19 родів та 13 родин. Слід відзначити, що на ділянці V (плато відвалу) виявлені найнижчі показники успішності розвитку трав'янистої рослинності (табл. 3). Так, в межах цієї ділянки, зустрічається найменша кількість видів рослин (10 видів, які відносяться до 10 родів та 3 родин). Водночас встановлені найнижчі чисельні значення накопичення фітомаси травостою (105–125 г/м²).

Таблиця 2

Провідні властивості едафотонів залізрудного відвалу

№	Властивості едафотонів	Дослідні ділянки									
		I		II		III		IV		V	
		M±m	V, %	M±m	V, %	M±m	V, %	M±m	V, %	M±m	V, %
1	Гумус (гумусовий горизонт), %	7,96±0,01	22,52	9,90±0,02	23,56	5,96±0,89	24,58	4,58±0,25	21,23	–	–
2	Органічна речовина (гумусовий горизонт), %	17,01±0,12	21,41	19,30±0,25	22,58	13,04±0,13	21,97	14,27±0,11	21,50	–	–
3	Органічна речовина (шар 0–20 см), %	16,20±0,89	22,89	12,85±1,02	28,95	9,53±0,78	22,84	8,75±0,99	22,95	7,93±1,11	22,18
4	pH _{H2O}	8,83±0,01	21,44	7,08±0,01	21,62	7,66±0,02	22,22	8,57±0,01	21,19	8,45±0,01	21,15
5	pH _{KCl}	7,88±0,01	21,17	7,22±0,04	23,56	7,49±0,01	21,26	7,79±0,01	21,19	7,99±0,01	21,21
6	Сума обмінних основ, мг.-екв./100 г ґрунту	25,12±0,97	19,05	9,57±0,59	25,63	9,14±0,53	27,96	11,56±0,89	25,55	7,72±0,78	25,61
7	Обмінний кальцій, мг.-екв./100 г ґрунту	13,25±0,76	29,96	5,41±0,32	29,42	4,85±0,28	29,89	5,67±0,56	21,03	3,39±0,54	23,57
8	Обмінний магній, мг.-екв./100 г ґрунту	11,87±0,21	23,09	4,16±0,27	28,21	4,29±0,25	30,07	5,89±0,91	25,47	4,33±0,36	23,04
9	Щільність насипна, г/см ³	1,12±0,01	21,03	1,19±0,01	21,48	1,19±0,01	21,75	1,22±0,01	21,64	1,44±0,11	21,06
10	Щільність твердої фази, г/см ³	2,77±0,05	23,14	3,24±0,12	28,77	3,13±0,08	24,48	2,93±0,14	28,21	3,29±0,02	21,88
11	Шпаруватість, %	59,57±1,06	24,17	63,27±1,13	30,25	61,98±1,09	26,23	58,36±1,15	29,84	56,23±1,13	22,94

«←» – данні відсутні

На нашу думку такі явища є цілком закономірними, так як плато відвалу характеризується наймолодшим віком самовідновлення рослинного покриву та найскладнішими едафічними умовами. В подальшому, в межах хроносерії, спостерігається відносний спалах сингенезу – ділянки III та IV. Це проявляється у збільшенні до максимальних значень кількості видів рослин (18 та 20 шт., відповідно), а також у максимальному накопиченні фітомаси травостою (360–380 г/м² та 250–290 г/м² відповідно). В межах ділянки II, на нашу думку, відбувається згасання спалаху сингенезу травостою. Цим пояснюється зменшення кількості видів до 13 шт., а рівня накопичення фітомаси до 175–195 г/м². Однак, в межах цієї ділянки виявлені найбільші чисельні значення імперичних коефіцієнтів співвідношення («Родина/рід» та «Родина/вид»). Підніжжя відвалу, що має найбільшу тривалість самовідновлення трав'янистої рослинності, характеризується відносною стабільністю процесів сингенезу.

Таблиця 3

Характеристики різних стадій сингенезу трав'янистої рослинності на залізорудному відвалі

№	Характеристики		Дослідні ділянки				
			I	II	III	IV	V
1	Кількість, шт.	Видів	18	13	18	20	10
2		Родів	18	13	18	19	10
3		Родин	7	8	8	9	3
4	Коефіцієнти	Родина/рід	0,39	0,62	0,44	0,47	0,30
5		Родина/вид	0,39	0,62	0,44	0,45	0,30
6		Рід/вид	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00
7	Накопичення фітомаси, г/м ²		235,3±10,6	183,5±10,5	376,2±17,7	270,50±18,3	113,6±11,5
8	Сингенез	Стадія	пирійна	піонерна, рудеральна (бур'янова)			
9		Фаза	пирійно-рудеральна	смілково-буркунова	бур'яново-буркунова		

В цілому, сингенез трав'янистої рослинності на залізорудному відвалі являє собою багатогранний процес полівекторної детермінації. Виявлені основні закономірності цього процесу логічно співвідносяться з результатами попередніх досліджень (Добровольський, 1979). Також слід відзначити, що в межах хроносерії залізорудного відвалу сингенез трав'янистої рослинності характеризується наявністю двох стадій та трьох фаз.

Едафічна обумовленість успішності сингенезу трав'янистої рослинності

Аналіз результатів кореляційних розрахунків показав, що між показниками успішності сингенезу трав'янистої рослинності та провідними властивостями едафотопів відвалу статистично достовірними є 45 коефіцієнтів кореляції (при теоретично можливих 77). При цьому в 19 випадках коефіцієнти кореляції вказують

Таблиця 4

Кореляційна матриця залежностей успішності синтезу травостою від геохімічних характеристик едафотопів залізорудного відвалу

№	Показники успішності сингенезу трав'янистої рослинності	Властивості едафотопів										
		Гумус (гумусовий горизонт), %	Органічна речовина (гумусовий горизонт), %	Органічна речовина (шар 0–20 см), %	pH _{Н2О}	pH _{KCl}	Сума обмінних основ, мг.екв./100 г ґрунту	Обмінний кальцій, мг.екв./100 г ґрунту	Обмінний магній, мг.екв./100 г ґрунту	Щільність насипна, г/см ³	Щільність твердої фази, г/см ³	Штатурватість, %
1	Видів	0,41*	-0,96**	0,44*	-0,30*	0,57*	0,19	0,28	0,07	-0,82**	-0,65*	0,63*
2	Родів	-0,20	-0,83**	0,59*	0,24	-0,03	0,50*	0,46*	0,51*	-0,77**	-0,70**	0,60*
3	Родин	-0,21	-0,81**	0,54*	0,27	-0,01	0,46*	0,41*	0,49*	-0,74**	-0,69*	0,54*
4	Родина/ рід	0,91**	-0,65*	0,18	-0,76**	-0,90**	-0,14	0,08	-0,37*	-0,53*	-0,34*	0,40*
5	Родина/ вид	0,93**	-0,64*	0,19	-0,79**	-0,92**	-0,14	0,09	-0,37*	-0,53*	-0,32*	0,43*
6	Рід/вид	0,24	0,27	0,12	-0,34*	-0,20	0,06	0,15	-0,05	0,05	0,29	0,28
7	Накопичення фітомаси, г/м ²	0,01	-0,74**	0,28	-0,14	-0,30*	0,09	0,09	0,10	-0,62*	-0,27	0,82**

«*» – коефіцієнти кореляції достовірні на рівні значущості P<0,05;

«**» – коефіцієнти кореляції достовірні на рівні значущості P<0,01

на наявність прямого зв'язку ($|r^2| > 0$), тобто при збільшенні чисельних значень властивостей субстратів відбувається збільшення показників розвитку травостою. У 26 інших випадках, навпаки, має місце зворотний кореляційний зв'язок ($|r^2| < 0$). Оцінюючи силу кореляційного зв'язку слід відзначити наступне: у 16 випадках виявлений слабкий зв'язок ($0,3 < |r^2| < 0,5$), у 14 – середній ($0,5 < |r^2| < 0,7$), у 11 – сильний ($0,7 < |r^2| < 0,9$), а у 4 – дуже сильний ($|r^2| > 0,9$).

Провідні властивості едафотопів залізорудного відвалу характеризуються своєрідними кореляційними зв'язками з показниками успішності сингенезу (табл. 4). Так, вміст гумусу в гумусовому горизонті та органічної речовини в поверхневому шарі субстратів має прямий кореляційний зв'язок ($|r^2| > 0$), який в окремих випадках дуже сильний ($|r^2| > 0,9$). Вміст органічної речовини в гумусовому горизонті характеризується наявністю зворотного зв'язку ($|r^2| < 0$) з показниками розвитку трав'янистої рослинності. При цьому, лише в двох випадках сила такого зв'язку може бути оцінена як середня ($0,5 < |r^2| < 0,7$), в той час, в інших – як сильна ($0,7 < |r^2| < 0,9$) та дуже сильна ($|r^2| > 0,9$). Виявлена така закономірність дещо парадоксальна, тому потребує додаткових досліджень та осмислення.

Цілком логічно, що концентрація іонів водню в розчині субстратів залізорудного відвалу (показник рН) має зворотний зв'язок ($|r^2| < 0$) з показниками сингенезу трав'янистої рослинності. Лише в одному випадку (pH_{KCl} – кількість видів) встановлений прямий зв'язок ($|r^2| > 0$), що можна пояснити домінуванням серед травостою видів, пристосованих до лужної реакції субстратів відвалу. Кількість обмінних основ характеризується наявністю слабого ($0,3 < |r^2| < 0,5$) та середнього ($0,5 < |r^2| < 0,7$) кореляційного зв'язку з успішністю самовідновлення трав'яної рослинності. Також слід відзначити, що в більшості випадків такий зв'язок має прямий характер ($|r^2| > 0$). Фізичні властивості субстратів залізорудного відвалу статистично достовірно корелюють за усіма показниками успішності розвитку травостою (за виключенням імперичного коефіцієнту співвідношення «Рід/вид»). При цьому, для значень щільності субстратів (насипної та твердої фази) такий зв'язок характеризується зворотним напрямом ($|r^2| < 0$), а для шпаруватості – прямим ($|r^2| > 0$), що є цілком закономірно та логічно. Також слід відзначити, що в даному випадку домінує середня ($0,5 < |r^2| < 0,7$) та сильна ($0,7 < |r^2| < 0,9$) сила кореляційного зв'язку.

ВИСНОВКИ

Провідні хімічні, фізичні та фізико-хімічні властивості едафотопів залізорудного відвалу ВАТ «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат» після 15–50 років природного самовідновлення істотним чином відрізняються від зональних ґрунтів регіону. В межах хроносерії відбувається наближення значень насипної щільності, а також водної та сольової кислотності до показників чорноземів звичайних.

На залізорудному відвалі формуються різноманітні серійні рослинні угруповання, які характеризуються певними ботанічними та екологічними відмінностями та є закономірним наслідком сингенезу трав'янистого покриву.

Субстрати залізорудного відвалу, як функціональні та структурні замітники природних едафотопів, визначають успішність самовідновлення рослинного покриву та детермінують кількісні та якісні показники прогресу сингенезу. Серед властивостей едафотопів найбільше значення для розвитку процесів самовідновлення трав'янистої рослинності мають: вміст органічної речовини в гумусовому горизонті та насипна щільність. Водночас кількісні показники суми обмінних основ та обмінного кальцію майже не впливають на цей процес. Серед показників успішності сингенезу найбільш чутливими до едафотопів залізорудного відвалу є імперичні коефіцієнти співвідношення «Родина/рід» та Родина/вид». Дещо менш чутливим до субстратів виявився такий показник, як кількість родів трав'янистої рослинності.

В подальших дослідженнях вважаємо доцільним виконати більш детальну математичну обробку залежностей успішності сингенезу трав'янистої рослинності від едафічних та геохімічних особливостей субстратів інших відвалів та розробити відповідні математичні моделі, які доцільно верифікувати в природних умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Абакумов Е. В.** Элементарный состав и структурные особенности гуминовых веществ молодых подзолов, формирующихся на отвалах песчаного карьера / Е. В. Абакумов // Почвоведение. – 2009. – № 6. – С. 666-673.
- Аринушкина Е. В.** Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М. : МГУ, 1970. – 487.
- Ворошилова Н. В.** Сукцесійний і популяційний аналіз рослинних серійних угруповань / Н. В. Ворошилова // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя : ЗНУ, 2010. – Вип. 15, № 1. – С. 37-45.
- Добровольский И. А.** Эколого-биогеоценологические основы оптимизации техногенных ландшафтов степной зоны Украины путем озеленения и облесения / И. А. Добровольский : Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук. – Д. : ДГУ, 1979. – 62 с.
- Добровольський І. А.** Характер і напрямки сингенезу в техногенних екотопах Кривбасу / І. А. Добровольський, В. І. Шанда, Н. В. Гаєва // Український ботанічний журнал. – 1979. – Т. XXXVI, № 6. – С. 524-527.
- Костенков Н. М.** Посттехногенное почвообразование на отвальных породах как фактор восстановления природных ландшафтов / Н. М. Костенков, Л. Н. Пуртова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2010. – Т. 12, № 1(4). – С. 1032-1038.
- Лакин Г. Ф.** Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М. : Высш. шк., 1990. – 352 с.
- Мазур А. Ю.** Використання колекційного фонду рослин Криворізького ботанічного саду в озелененні та рекультиватії порушених земель Кривбасу / А. Ю. Мазур, В. В. Кучеревський // Матеріали IV Міжнародної конференції «Проблеми екології та екологічної освіти». – Кривий Ріг : Етюд-Сервіс, 2005. – С. 18-23.
- Маленко Я. В.** Особливості таксономічного та екологічного складу рослинних угруповань відвалів південно-західної зони Кривбасу / Я. В. Маленко : Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. – Д. : ДНУ, 2001. – 15 с.
- Родин Л. Е.** Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах / Л. Е. Родин, Н. П. Ремезов, Н. И. Базилевич. – Л. : Наука, 1967. – 143 с.
- Хлизіна Н. В.** Літофільні угруповання Криворізького залізорудного басейну: екологія, типологія, динаміка / Н. В. Хлизіна : Автореферат дисертації на здобуття вченого ступеня кандидата біологічних наук. – Д. : ДНУ, 2004. – 20 с.
- Шанда В. І.** Теоретичні питання аналізу серійних рослинних угруповань та їхніх ценопопуляцій / В. І. Шанда, Н. В. Ворошилова // Питання степового лісознавства та лісової рекультиватії земель. – 2008. – Вип. 12 (37). – С. 42- 47.

Надійшла до редколегії 10.05.11

ВМІСТ ЗАЛІЗА ТА ІОНІВ У СИСТЕМІ ҐРУНТ-ВОДА-РОСЛИНА В ЗОНІ ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ БУРШТИНСЬКОЇ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ*Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника*

Валові та розчинні форми заліза і аніонів (хлоридів, сульфатів, нітратів), величини рН, ОБП в ґрунті, воді та тканинах чистотілу залежать від сезону року і віддалі до джерела забруднення. Найбільш небезпечною для довкілля є зона промислових площадок.

Ключові слова: залізо, аніони, ґрунт, вода, чистотіл, БуТЕС.

Н. В. Довганич, І. В. Мазепа

*Прикарпатский национальный университет им. В. Стефаника***СОДЕРЖАНИЕ ЖАЛЕЗА И ИОНОВ В СИСТЕМЕ ПОЧВА-ВОДА-РАСТЕНИЕ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ БУРШТЫНСКОЙ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

Валовые и растворимые формы железа и анионов (хлоридов, сульфатов, нитратов), величины рН, ОБП в почве, воде и тканях чистотела зависят от сезона года и расстояния до источника загрязнения. Наиболее опасной для окружающей среды является зона промышленных площадок.

Ключевые слова: железо, анионы, почва, вода, чистотел, БуТЭС.

N. W. Dovhanych, I. W. Mazepa

*Prycarpathian National University named after Vasyl Stefanyk***CONTENT OF IRON AND IONS IN SOIL-WATER-PLANTS SYSTEM NEAR ENVIRONMENTAL IMPACT OF BURSHTYNSKA THERMAL POWER PLANT**

Gross and soluble forms of iron and anions (chlorides, sulfates, nitrates), pH, oxidation and renewal potential in soil, water and tissues of celandine depends on the season, and distance to the source of contamination. The most dangerous for the environment is the area of industrial sites.

Key words: iron, anions, soil, water, celandine, thermal power station in Burshtyn.

В структурних компонентах біосфери серед важких металів залізо займає особливе місце за кількісним вмістом і хімічною активністю. Геохімічні функції заліза проявляються значною різноманітністю, яка обумовлена здатністю металу змінювати валентність в залежності від фізико-хімічних умов середовища (Водяницький, 1989, 2008; Зонн, 1982). В ґрунтах залізо знаходиться у вигляді оксидів та гідроксидів, активність яких залежить від окисно-відновних умов середовища та ступеня окислення сполук, з якими метал взаємодіє. Окисні та лужні умови середовища сприяють осадженню металу, а кислі та відновні властивості підвищують розчинність сполук заліза та їх засвоєння рослинами (Линник, 1986).

Основними хімічними реакціями, що збільшують розчинність сполук заліза є реакція гідролізу та комплексоутворення. На розчинність сполук заліза впливають карбонати, сульфіді та сульфати. В ґрунтах частка розчинних форм незначна. Серед неорганічних форм заліза активними є: Fe^{3+} , $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$, $\text{Fe}(\text{OH})_2^{2+}$, Fe^{2+} , $\text{Fe}(\text{OH})_3^-$, $\text{Fe}(\text{OH})_4^{2-}$. На співвідношення цих форм впливає наявність кисню та величина рН (Ладонин, 2002; Кабата-Пендіас, 1989).

В кислих ґрунтах вміст розчинних форм неорганічних сполук заліза вищий, ніж у нейтральних чи основних. Тому в кислих добре аерованих ґрунтах сполуки двохвалентного заліза можуть досягати токсичних для рослин концентрацій. За нейтральних значень ґрунту може наступити дефіцит металу, що призводить до обмеженого надходження заліза в рослини (Justafson, 2007).

Вивчення вмісту заліза, як і інших металів в компонентах біогеоценозів проводиться переважно на рівні дослідження валового вмісту. Маючи

феноменологічне значення ці результати практично не дають інформації про участь елемента в хімічних перетвореннях трофічного ланцюга, зокрема, в метаболічних процесах біотичної компоненти біогеоценозу (Зонн, 1982).

Як елемент-біотик залізо має відношення практично до більшості фундаментальних процесів в біологічних системах, зокрема, синтезу макромолекул та енергетичного обміну. Важлива роль заліза в стабілізації вторинної структури ДНК, процесах тканинного дихання, росту і розмноження, та вільно-радикального окислення.

Участь заліза у вільно-радикальному окисленні особливо актуальна в контексті гіпотези Н. М. Емануеля за етіологічну роль вільних радикалів у виникненні злоякісного росту. Тому вивчення біологічної ролі вільних радикалів та участі заліза в процесах радикалогенезу має важливе наукове значення. Це мотивовано тим, що загально визнаною є думка про те, що в умовах антропогенного забруднення біосфери активація вільно-радикальних процесів є провідною в патогенезі злоякісних пухлин.

В мінливих умовах хімічного середовища важко прогнозувати поведінку заліза, навіть в напрямку зміни ступеня його окислення, оскільки в реальних умовах хімічного процесу, крім двох- чи трьох- валентного заліза можливі перехідні ступені окислення (Brennan, 1998; Груздків, 2009; Fredrickson, 1996).

В даній роботі представлені результати дослідження вмісту валової та розчинної фракцій заліза, концентрації хлоридів, сульфатів і нітратів, величини рН і окисно-відновного потенціалу (ОВП) в трофічному ланцюгу «грунт – вода – рослина» за умов забруднення Бурштинською тепловою електростанцією (БуТЕС) навколишнього середовища.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проведені на території БуТЕС (промислової зони) та зони впливу БуТЕС на відстані від забруднювача 8 км (с. Слобідка) та 16 км (Галицький національний парк) у відповідності до міжнародної растрової сітки 8×8 км та з врахуванням потреб локального моніторингу (Парпан, 2009). Контролем слугувала територія в басейні р. Лімниця на віддалі 30 км від джерела забруднення.

Вміст валової та розчинної фракцій заліза в досліджуваних компонентах біогеоценозів (грунт, вода, чистотіл) визначено атомною емісійною спектроскопією з індуктивно зв'язаною аргонною плазмою, з використанням високоточної аналітичної системи Плазмаквант-110.

Концентрацію хлоридів, сульфатів та нітратів величину рН та ОВП в ґрунтах та воді визначено за допомогою селективних електродів згідно з методиками Держстандарту України.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Вміст валового і рухомого заліза в ґрунтах на території БуТЕС, яка є найбільшим забруднювачем Прикарпаття і входить до 100 найбільших забруднювачів України є різними. Вміст валового заліза на відстані 8 та 16 кілометрів достовірно вищий, ніж на контрольній ділянці (рис. 1). Вміст металу нижчий ніж кларк заліза в земній корі і протягом року суттєво не змінюється. Вміст заліза залежить від сезону року і відстані до забруднювача.

Розчинене залізо складає незначну частину від вмісту валової форми. Проте, загальна тенденція змін цієї форми аналогічна зміні валового заліза з певними сезонними особливостями і також залежить від віддалі до основного забруднювача (рис. 2).

Оскільки розчинність заліза підвищується при реакціях гідролізу та утворенні розчинних комплексів, важливо було дослідити величину рН та окисно-відновний потенціал (ОВП), від яких залежить хімічна поведінка металу.

У водній витяжці з ґрунту величини рН на контрольній ділянці не встановлено сезонної залежності (рис. 3). В той час як на території БуТЕС і на відстані 8 км у літній період величина рН знижується, у осінній період вона достовірно змінюється в сторону збільшення навіть на територіях, що на 16 км віддалені від забруднювача.

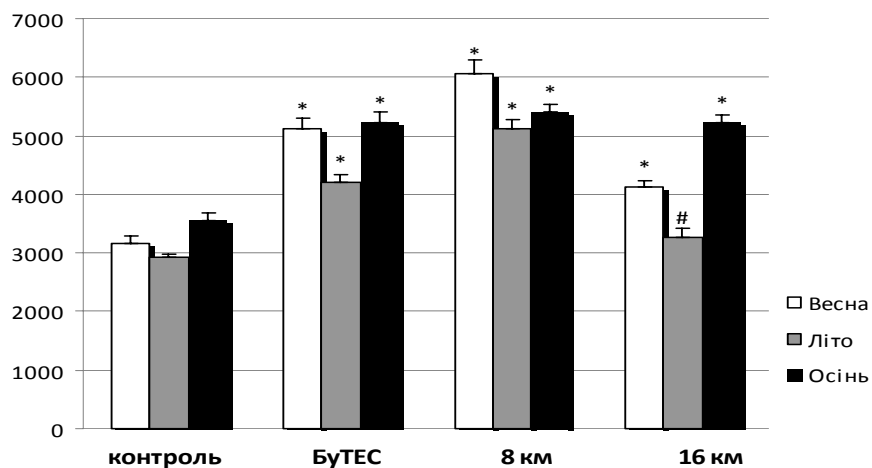


Рис. 1. Сезонний вміст валового заліза в ґрунтах (мг/кг, n=8)

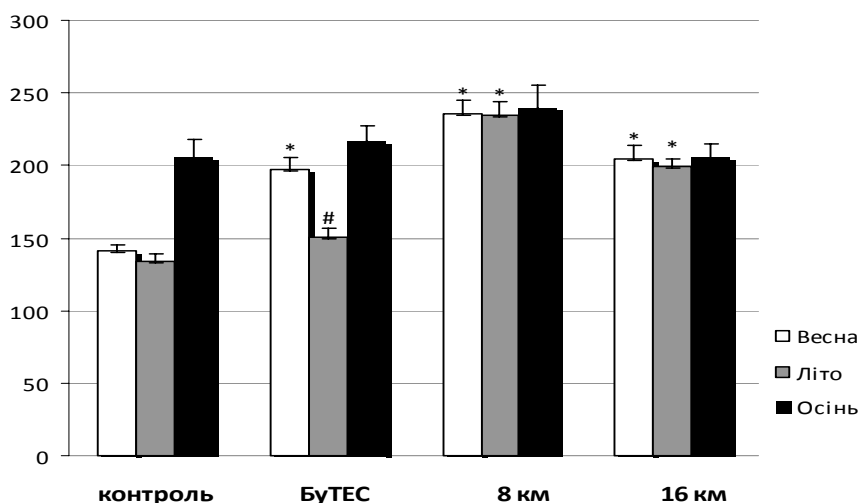


Рис. 2. Сезонний вміст рухомого заліза в ґрунтах (мг/кг, n=8)

Окисно-відновний потенціал у весняний період достовірно зростає на всіх дослідних територіях у порівнянні з контролем (рис. 4). Аналогічна направленість змін встановлена літом і восени, досягаючи максимального рівня на території БуТЕС і на відстані 8 км від неї.

Аніонний склад (хлориди, нітрати, сульфати) ґрунту на промплощадках БуТЕС і в зоні її впливу характеризується достовірним підвищенням з максимальними величинами у весняний та літній періоди року порівняно з контролем (рис. 5, 6, 7).

У воді контрольної території вміст загального заліза коливається в межах 189-249 мкг/л і практично не змінюється за сезон. На площадках БуТЕС і територіях, що знаходяться на відстані 8 км, вміст загального металу достовірно зростає, проявляючи тенденцію до його нормалізації на відстані 16 км (рис. 8).

Вміст розчинної форми заліза у воді змінюється у сезон року і від відстані до БуТЕС (рис. 9). Зокрема, на контрольній території рівень металу має тенденцію до підвищення влітку і восени. На промплощадках БуТЕС вміст заліза у порівнянні з контролем достовірно сезонно підвищується, тоді як на відстані 16 км збільшення менш виражені й наближаються до контролю.

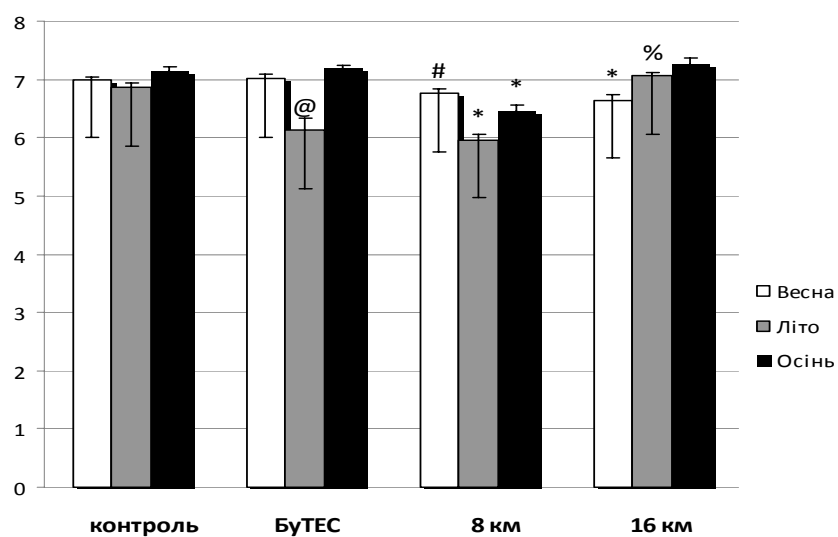


Рис. 3. Сезонні величини рН в ґрунтах (одиниці, n=8)

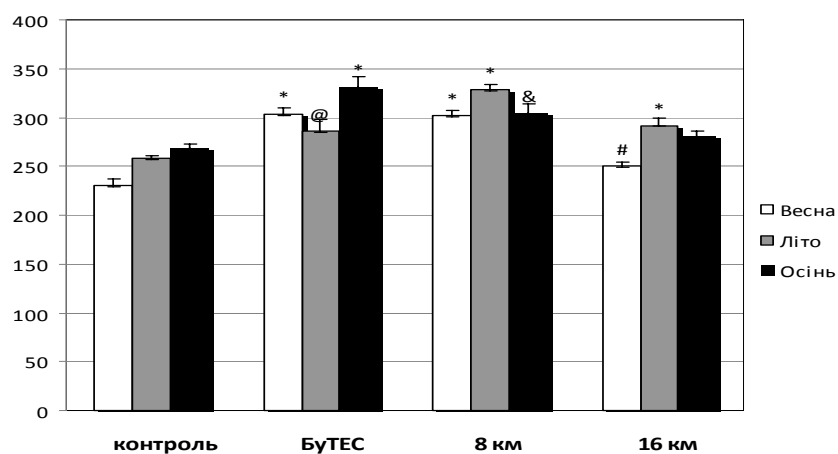


Рис. 4. Сезонні величини ОВП ґрунту (+mV, n=8)

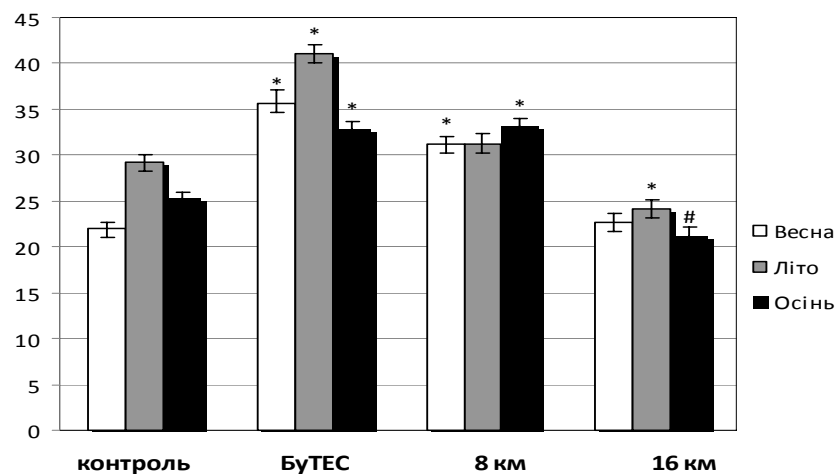


Рис. 5. Сезонний вміст хлоридів ґрунту активного впливу БуТЕС (мг/кг, n=8)

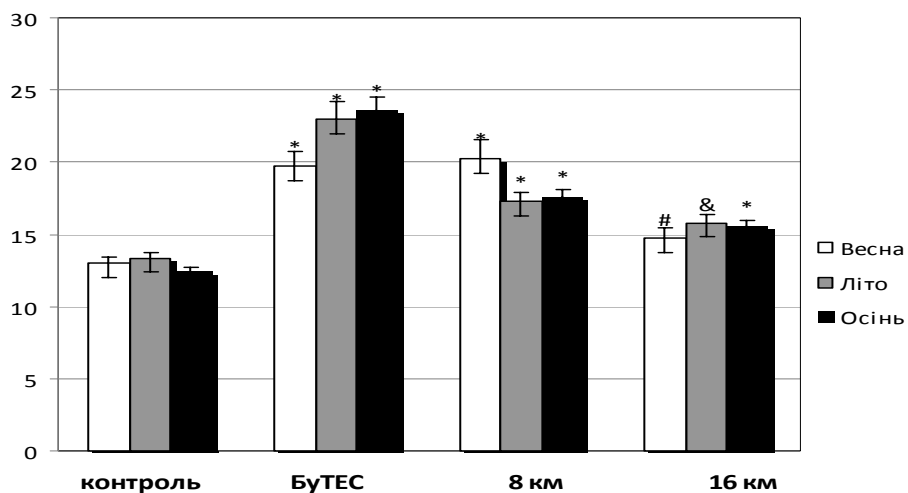


Рис. 6. Сезонний вміст нітратів ґрунту (мг/кг, n=8)

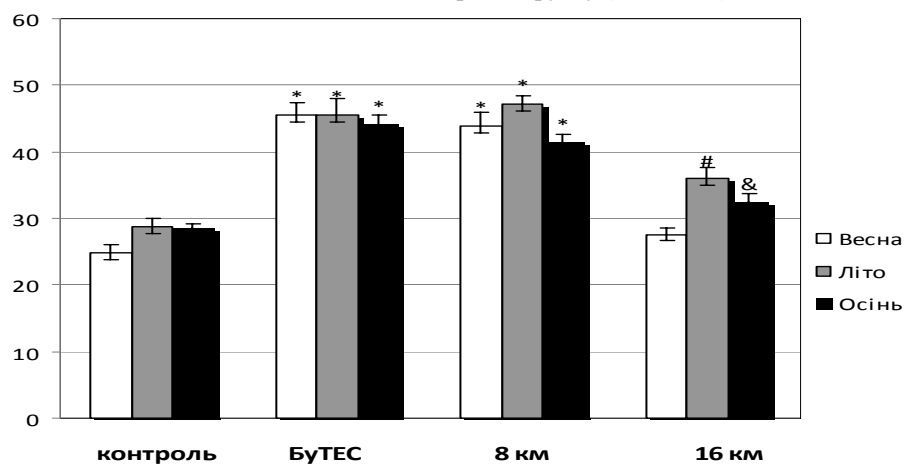


Рис. 7. Сезонний вміст сульфатів ґрунту (мг/кг, n=8)

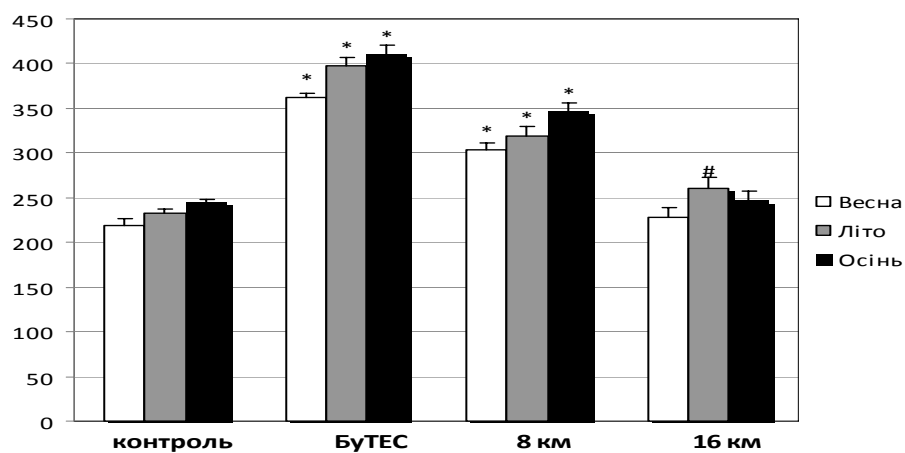


Рис. 8. Сезонний вміст валового заліза у воді (мкг/л, n=8)

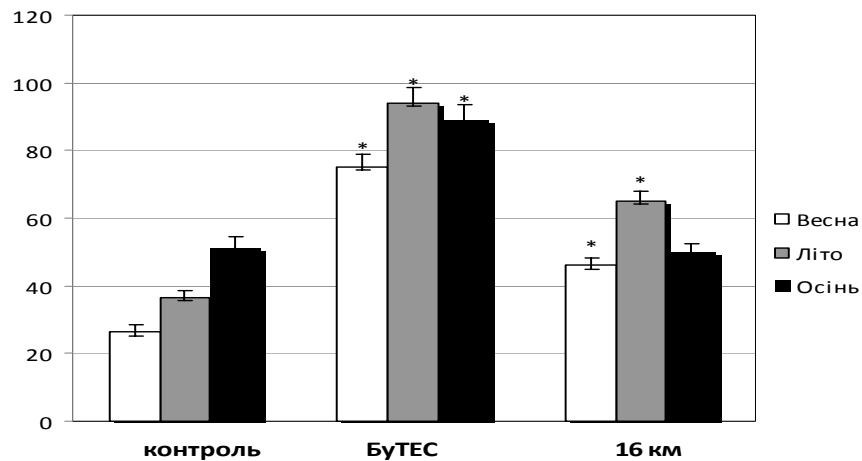


Рис. 9. Сезонний вміст рухомого заліза у воді (мкг/л, n=8)

Кількість води у весняний період на контрольній території та відділі 8 і 16 км коливається в межах нейтральних значень і лише на промислових площадках БуТЕС зсувається в кислу сторону (рис. 10). В літній та осінній періоди абсолютні значення рН проявляють тенденцію до нейтральних величин.

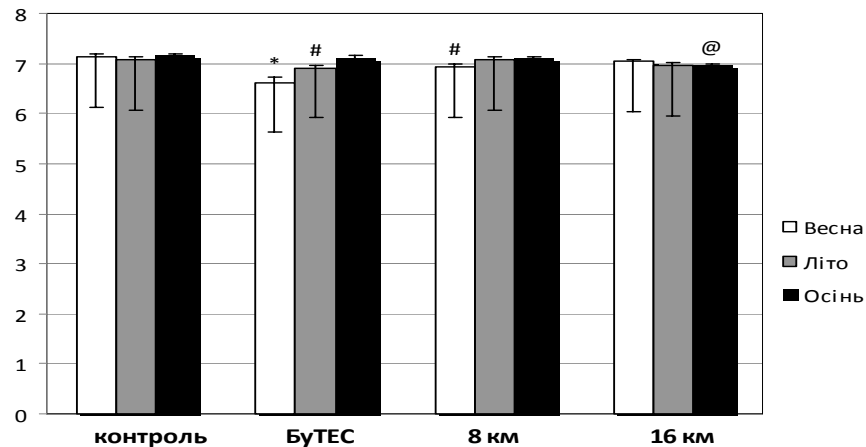


Рис. 10. Сезонні величини рН води (одиниці, n=8)

На території досліджень величини ОВР в різні пори року показують, що зміни цього параметра характеризуються статистично достовірним підвищенням в усі сезони з максимальним значенням на території БуТЕС і відстані 8 км (рис. 11).

Аніонний склад біля БуТЕС та віддалі 8 і 16 км свідчить, що серед досліджуваних аніонів (хлориди, сульфати, нітрати) суттєво зростають нітрати (рис. 12, 13 і 14). Їх рівень на території БуТЕС і віддалі 8 км більш ніж в 2 рази вищий ніж на контролі, а на відстані 16 км вони наближаються до контрольних показників. Зміни вмісту хлоридів та сульфатів менш виражені, хоча проявляються підвищення їх вмісту на всіх едатопах з максимальним значенням на промислових площадках БуТЕС.

На особливу увагу заслуговує дослідження вмісту заліза в тканинах чистотілу, що обумовлено декількома обставинами, які суттєво впливають на розподіл цього елемента в ґрунті і воді: модифікують фізико-хімічні характеристики середовища, визначають проростання і специфіку надходження металу в організм рослини, що прослідковується в трофічному ланцюзі ґрунт-вода-рослина. Чистотіл звичайний (*Chelidonium majus* L.) з широким екологічним ареалом та тривалою експозицією є класичним об'єктом для оцінки взаємовідносин в системі організм-середовище.

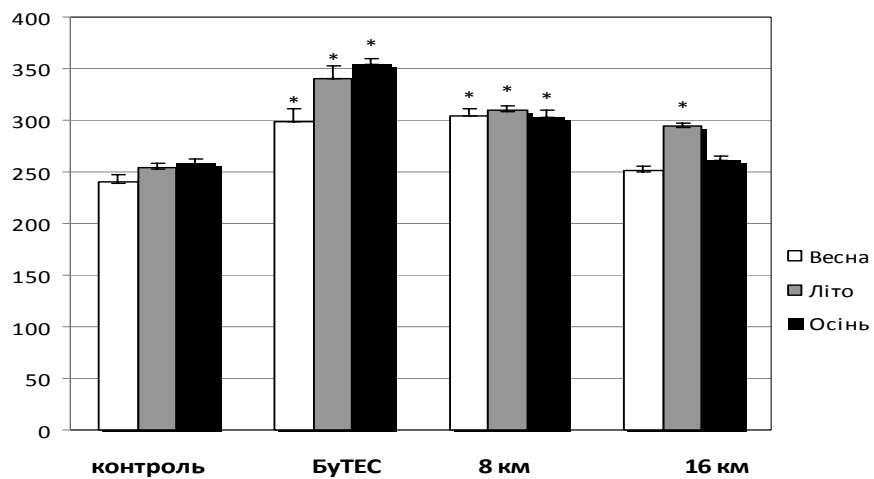


Рис. 11. Сезонні величини окисно-відновного потенціалу (+mV, n=8)

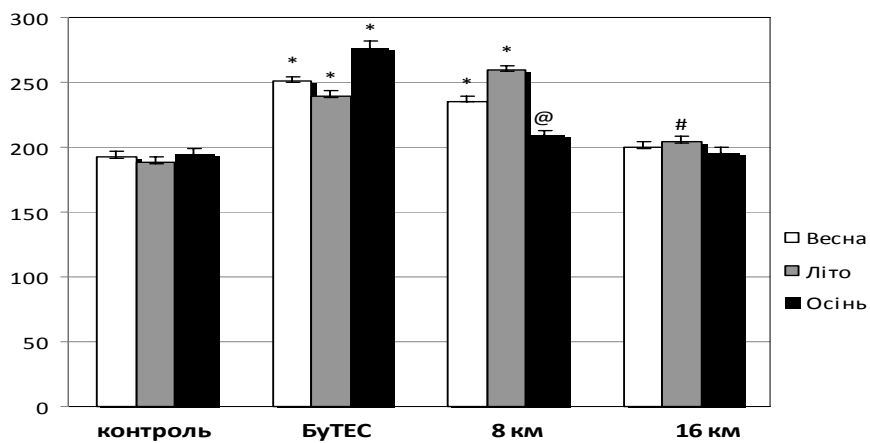


Рис. 12. Сезонний вміст хлоридів у воді (мг/кг, n=8)

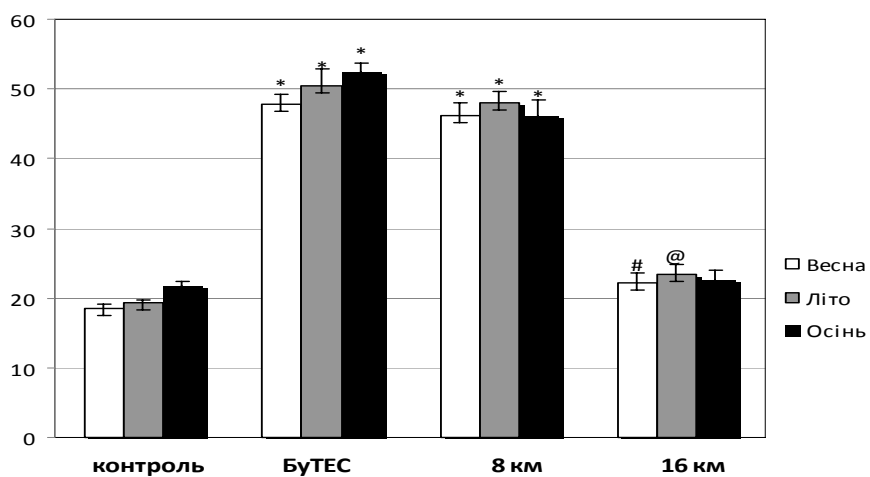


Рис. 13. Сезонний вміст нітратів (мг/кг, n=8)

Цей вид також використовується як біоіндикатор стану забруднення навколишнього середовища оксидами сірки і важкими металами, які поступають через листя і кореневу систему. Надходження металів в організм рослини може призвести до його кумуляції з подальшим шкідливим впливом на трав'яні організми і людину, змінити фармакологічну активність і спричинити появу глибоких побічних ефектів при використанні чистотілу в лікувальній практиці.

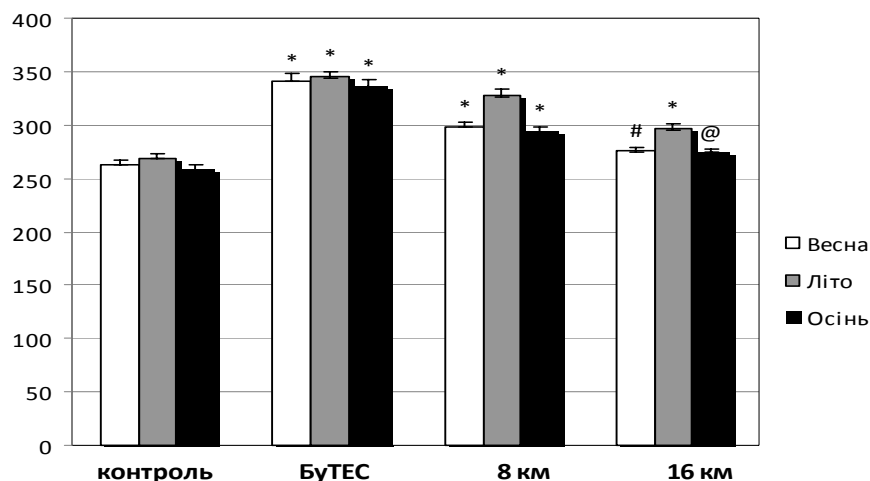


Рис. 14. Сезонний вміст сульфатів у воді (мг/кг, n=8)

Результати дослідження вмісту заліза в органах чистотілу на різних територіях впливу БуТЕС (таблиця) свідчать, що за величиною вмісту заліза на контрольних едафотопках формується такий акумулятивний ряд: листя > коренева система > стебло > квіти.

Вміст заліза в органах чистотілу в зоні техногенного забруднення БуТЕС
(n=6, мкг/1000мг золи)

Сезон	Орган	Відстань (км) від промислового об'єкту			
		Контроль	Бурштин	8 км	16 км
Весна	Листя	831,00±13,28	1198,17±59,16	620,50±21,96	1531,00±27,73
	Стебло	69,17±1,60	108,67±18,62*	135,67±10,64	96,50±7,80
	Корінь	2453,50±165,03	6098,00±93,35*	1005,00±47,01*	349,33±17,50*
Літо	Листя	4232,17±115,90	1291,50±83,82*	4072,83±78,56	1454,83±54,29*
	Квіти	300,10±8,11	1279,50±50,76	310,33±7,15	807,83±10,15
	Стебло	1034,83±68,52	732,00±14,44*	1903,83±74,49*	315,50±14,41*
Осінь	Корінь	2838,33±55,83	2136,67±82,99*	5261,67±71,14*	971,00±13,56*
	Листя	2329,17±81,00	2146,50±59,43	1793,00±72,34*	1859,33±58,67*
	Стебло	785,00±10,59	537,50±14,90*	591,00±23,26*	440,83±13,64*
	Корінь	3527,83±152,36	1719,17±90,95*	5414,50±120,44*	1838,83±64,27*

Порівнюючи цей показник в різні сезони року і відстані до джерела забруднення встановлено, що вміст заліза має сезонну залежність і змінюється відповідно до віддалі від забруднювача. У весняний період на промислових площадках вміст заліза в 1,5-2,5 рази більший ніж на контролі, а на відстані 16 км ця тенденція просліджується тільки для листя і стебла. В літній період акумуляція заліза найвища в квітках і в 4 рази перевищує його вміст на промислових площадках і в 2,7 рази – на віддалі 16 км від джерела забруднення. В осінній період кількість заліза в тканинах чистотілу в зонах впливу БуТЕС на дослідних територіях є дещо меншою, ніж на контролі.

ВИСНОВКИ

Вміст валової та розчинної форми заліза, аніонів (хлоридів, сульфатів, нітратів) та величини рН і ОВП в ґрунті, воді та тканинах чистотілу залежить від сезону року і відстані до джерела забруднення. На промислових площадках БуТЕС і на територіях її впливу аеротехногенні викиди теплоелектростанції призводять до змін вмісту заліза в системі «ґрунт-вода тканини чистотілу». Найбільш екологічно небезпечною є зона промислових площадок БуТЕС.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Водяницький Ю. Н.** Оксиды железа и их роль в плодородии почв / Ю. Н. Водяницький // М. : Наука, 1989. – 160 с.
- Водяницький Ю. Н.** Тяжелые металлы в почвах / Ю. Н. Водяницький // М. : Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 2008. – 143 с.
- Зонн С. В.** Железо в почвах / С. В. Зонн // М. : Наука, 1982. – 206 с.
- Ладонин Д. В.** Соединения тяжелых металлов в почвах – проблемы и методы изучения / Д. В. Ладонин // Почвоведение. – 2002. – № 6. – С. 682-692.
- Brennan E. W., Zindsay W. L.** Reduction and oxidation effect on the solubility and transformation of iron oxides // Soil. Sci. Soc. Am. Y. – 1998. – P. 930-937.
- Груздків Д. Ю.** Оценки миграции тяжелых металлов в почвах / Д. Ю. Груздків // Вестник МГУ. – 2009. – № 4. – С. 22-30.
- Fredrickson J. K., Jorby J. A.** Environmental processes mediated by iron-reducing bacteria // Curr. Opin. Biotechnol. – 1996. – V. 7. – P. 287-294.
- Justafsson J. P., Persson J., Kleja D. B., Van Schaik J. W.** Binding of iron (III) to organic soils: EXAFS spectroscopy and chemical equilibrium modeling // Environ. Technol. – 2007. – V. 41. – P. 1232-1237.
- Пендерецький О. В.** Екологія Галицького району / О. В. Пендерецький. – Івано-Франківськ : Нова зоря, 2004. – 152 с.
- Кабата-Пендіас А.** Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендіас, Х. Пендіас. – М. : Мир, 1989. – 439 с.
- Линник П. Н.** Формы миграции металлов в поверхностных водах / П. Н. Линник, Б. Н. Набиванець. – Л. : Гидрометеоздат, 1986. – 270 с.
- Парпан В. І.** Оцінка техногенного впливу на стан природних екосистем методами інтегрального моніторингу та біогеохімічної індикації лісів на прикладі Івано-Франківської області / В. І. Парпан, Ю. С. Шпарик, М. М. Миленька, Н. В. Довганич // Науковий вісник НУБіП України «Лісівництво. Декоративне садівництво». – К., 2009. – Вип. 135. – С. 22-31.

Надійшла до редколегії 08.06.11

ДО УВАГИ АВТОРІВ !

При оформленні статті до надсилання в редакцію просимо дотримуватися таких правил:

1. Надіслати на адресу редакційної колегії два екземпляри статті і дискету з текстом, таблицями та ілюстраціями.

Обсяг статті – не більше 10 сторінок машинопису (одна сторінка у форматі журналу містить до 4500 знаків, включаючи пропуски).

Обсяг ілюстрацій і таблиць не повинен перевищувати 30 % обсягу статті.

2. Усі текстові матеріали роздрукувати через 1,5 інтервала, залишаючи з кожного краю сторінки відступи 2 см, шрифт – Times New Roman 12 пунктів, абзацний відступ – 0,8 см. При наборі статті необхідно розрізняти дефіс і тире, а також застосовувати поліграфічні «ялинки». Між ініціалами та прізвищем обов'язково залишати пропуск. Текстові матеріали підготувати в редакторі MS Word 97, 2000, XP як текст у форматі RTF (*.rtf) або документ Word (*.doc). Математичні формули і рівняння готуйте в редакторі рівнянь Microsoft Equation 3.0, а хімічні – у редакторі ISIS Draw v. 2.4.

3. Використовуйте одиниці Міжнародної системи вимірювань.

4. **Назва статті** повинна коротко інформувати про її зміст і містити не більше 13 слів. Більш довгі назви скорочуються у процесі редагування. Назву статті подати трьома мовами – українською, російською та англійською.

5. **Наявність УДК** обов'язкова.

6. **Анотацію** подати трьома мовами – українською, російською, англійською. Вона повинна коротко описувати результати і головні висновки проведених досліджень.

7. **Ключові слова** можна брати з назви статті. Подати українською, російською та англійською мовами.

8. **Адресу і назву організації**, у якій виконувалися дослідження, подати українською, російською та англійською мовами, а також указати *e-mail*, телефон для оперативного зв'язку з автором.

Указати повне ім'я та по батькові кожного автора публікації українською, російською, англійською мовами.

9. Стаття повинна містити такі розділи: Вступ; Матеріали та методи досліджень; Результати та їх обговорення; Висновки; Список використаної літератури.

10. **Посилання** на літературні джерела слід подавати в напівкруглих дужках із зазначенням прізвища цитованого автора (або назви джерела, якщо авторів більш ніж три) та року видання.

11. **Подяки** подаються наприкінці статті перед списком використаної літератури.

12. **Список використаної літератури**. Слід ретельно звірити відповідність літературних джерел у тексті та у списку. Перевірте правильність усіх назв періодичних видань.

Слід наводити прізвище редактора та місце і дату проведення при цитуванні матеріалів симпозіумів і конференцій, прізвище відповідального редактора – при цитуванні видання колективу авторів.

13. **Таблиці** повинні бути пронумеровані відповідно до змісту статті. Дати назву до кожної таблиці. Статистична та інша деталізація наводяться під таблицею. Табличні матеріали підготувати у табличному редакторі Word 2000, XP.

14. **Рисунки** нумерують у порядку їх обговорення в тексті. Унизу рисунка указати його назву. Рисунки до статті повинні мати копію на дискеті. Діаграми та графіки слід виконувати у пакетах Excel, Statistica, схеми – у пакеті Visio 2000 та зберігати у форматах цих програм окремими файлами (наприклад, petrov_ris1). Найкращими для сканованих зображень є формати файлів TIFF, JPEG, EMF. Усі елементи тексту у зображеннях (графіках, діаграмах, схемах), якщо це можливо, повинні мати гарнітуру Times New Roman або Times New Roman Cyr (в окремих випадках Courier). Кожне зображення зберігайте в окремому об'єкті. Зображення після сканування при роздрукуванні повинно бути чітким, не гіршим за чіткість основного тексту.

15. При поверненні статті на доопрацювання автор зобов'язаний урахувати всі зауваження редактора і надіслати виправлені та передруковані матеріали на адресу редакційної колегії в указаний термін. Статті, повернуті після доопрацювання пізніше ніж через 3 місяці, розглядаються як нові надходження.

Подані матеріали не повертаються. Редакція зберігає за собою право виправляти та скорочувати текст, а також повертати рукопис на доопрацювання у разі недотримання наведених вище правил.

Відповідальність за зміст поданих матеріалів несуть автори.

TO AUTHORS' ATTENTION

The colleague of editors invite scientists, specialists who study all the spectrum of ecological problems that have to do with soils science for the cooperation.

The journal «Soil science» takes articles in the Ukrainian, the Russian and the English languages.

An article mustn't exceed 10 pages, including tables and pictures. Illustrations and tables together mustn't exceed 30 % of the whole volume of the article.

Selection of materials and a previous review: materials for publication should be sent to the address of the colleague of editors (it is given on the second page of each edition). Two copies of materials, a diskette with a text, materials of tables and illustrations should be sent. In addition on the diskette tables and illustrations should be located in separate files. Also a copy of the article should be sent to the e-mail: bnaitap@a-teleport.com

Working at the revision an author should take into account all the notes, retype and send all the materials to the address of the colleague of editors up to the date, noted by an editor. Articles that come after the revision later than in 3 months will be considered as new ones.

Preparation of materials: all the materials (text, references, signatures to pictures etc.) are given in 1,5 intervals. From each edge of the page 2 cm. should be left, shrift – Times New Roman 12 points.

Notes: notes in the text are not permitted.

Units: use units of measuring of International System SI.

Name of the article: name of the article should be given in three languages – Ukrainian, Russian and English. It should inform about the contest of the article briefly – maximum 13 words. Larger names will be shortened while editing.

Address and name of organization: indicate the address and the name of the organization where research was conducted (in Ukrainian, Russian and English), e-mail, fax and other information that can make the communication with the author easier.

Summary and key words: should be given in three languages – Ukrainian, Russian and English. Summary should briefly describe conducted researches, including aims, methods, results and main conclusions.

References of used literature: Check every reference in the text of the article with the list of used literature. All the names of periodicals should be checked thoroughly. The list of literature should be given without a numeration. Only the author's surname and the year of edition should be mentioned in the reference of used literature in the text of the article.

Tables: every table is prepared on a separate sheet of paper. Tables should be numerated according to their mentioning in the text. Give a brief name at the top of each table. Statistical and other detailed information is given as a note below. Don't double the contest of tables with illustrations. Among all the other equal characteristics illustrations (graphics) are preferable. Don't mention the information that wasn't discussed in the text of the article.

Illustrations: every copy of the article should contain one copy of illustrations. Number illustrations according to their order in the text. Symbols and marks should be readable. Don't use big points of shrifts and styles of decorating that give very thin elements of letters. Point at the top of the back of the illustration its number and the name of the article.

Formats of files on the diskette: texts should be prepared in the text editor MS Word 2000. Don't hyphen words. Formulas and equations should be prepared in inbuilt editors of equations and should be saved as separate files (Windows metafile, *.wmf).

Illustrations should have two copies on the diskette. Formats of files Tiff- 4.0 or 5.0 (*.tif). Paint (*.bmp), Photoshop (*.psd) are most suitable. The final form of illustrations should be minimum 250-300 points per inch. Using of specific programs (statistical packets, programs of visualization etc.) for saving graphics are not permitted.

Sent materials are not returned back.

Authors take the responsibility for the contest of the materials.