

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

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

ГРУНТОЗНАВСТВО
SOIL SCIENCE
ПОЧВОВЕДЕНИЕ

Том 11
№ 1–2 (16)

Науковий журнал
Заснований у 2001 році

веб-сторінка:
www.ussj.cv.ua

Київ – Дніпропетровськ
2010

*Редколегія журналу висловлює
щиру подяку адміністрації
Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського
і особисто його ректору заслуженому діячу науки
та техніки України, член-кореспонденту
Національної академії педагогічних наук України,
доктору технічних наук, професору
Михайлу Васильовичу Загірняку
за допомогу у виданні цього номеру журналу*

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Чл.-кор. НАНУ, д-р біол. наук **A. П. Травлеєв** (голов. редактор); акад. УЕАН, д-р біол. наук **Jose Manuel Recio Espejo** (заст. голов. редактора, Іспанія); акад. НАНУ, д-р біол. наук **K. M. Ситник** (заст. голов. редактора); акад. НАНУ, д-р біол. наук **B. Г. Радченко** (заст. голов. редактора); д-р біол. наук **L. О. Карпачевський** (наук. редактор, Росія); д-р біол. наук **A. В. Боговін** (наук. редактор); канд. іст. наук **B. М. Петренко** (наук. редактор); **B. А. Горбань** (відп. секретар); канд. біол. наук **O. К. Балалаєв**; акад. НАНУ, д-р с.-г. наук **C. A. Балюк**; д-р біол. наук **N. A. Білова**; чл.-кор. НАНУ, д-р с.-г. наук **C. Ю. Булигин**; д-р біол. наук **Ю. І. Грицан**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **D. M. Гродзинський**; д-р біол. наук **Гу Сіой** (Китай); акад. НАНУ, д-р екон. наук **B. М. Данилишин**; акад. РАН, д-р біол. наук **G. В. Добровольський**; чл.-кор. НАНУ, д-р геол.-мінер. наук **E. Я. Жовинський**; чл.-кор. НАНУ, д-р техн. наук **M. В. Загірняк**; д-р біол. наук **H. В. Займенко**; д-р біол. наук **B. М. Зверковський**; акад. НАНУ, д-р с.-г. наук, **M. В. Зубець**; д-р с.-г. наук **B. I. Канівець**; канд. біол. наук **I. В. Ковда** (Росія); д-р біол. наук **I. А. Мальцева**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **D. О. Мельничук**; д-р біол. наук **L. П. Мицик**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **B. В. Моргун**; канд. біол. наук **B. А. Нікорич**; канд. біол. наук **B. В. Никифоров**; д-р біол. наук **M. Є. Опанасенко**; д-р біол. наук **B. I. Парпан**; д-р біол. наук **O. Є. Пахомов**; д-р геогр. наук **C. П. Позняк**; д-р фіз.-мат. наук **M. В. Поляков**; акад. УЕАН, д-р біол. наук **D. Г. Рей** (Індія); канд. біол. наук **M. С. Розанова** (Росія); д-р біол. наук **C. Скіба** (Польща); акад. НАНУ, акад. НАНУ, д-р с.-г. наук **O. О. Соzinov**; канд. техн. наук **B. С. Стогній**; д-р с.-г. наук **D. Г. Тихоненко**; д-р біол. наук **I. Х. Узбек**; д-р біол. наук **H. М. Цвєткова**; канд. фіз.-мат. наук **B. С. Чернишенко**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **Ю. Р. Шеляг-Сосонко**; чл.-кор. РАН, д-р біол. наук **C. О. Шоба** (Росія).

EDITORIAL BOARD:

O. K. Balalaev; S. A. Balyuk; N. A. Bilova; A. V. Bogovin (Associate Editor); S. Yu. Buulygin; V. S. Chernyshenko; V. A. Gorban (Managing Editor); Yu. I. Gritsan; D. M. Grodzinsky; B. M. Danylyshin; 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'nicuuk; V. V. Morgun; L. P. Mytysyk; 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; 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; M. V. Zuubetz; V. M. Zverkovsky.

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

Адреса редколегії: 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: ecologrunt@yahoo.com; web-сторінка: www.ussj.cv.ua

ЗМІСТ

ТЕОРЕТИЧНІ ПРОБЛЕМИ ҐРУНТОЗНАВСТВА

- Медведев В. В.* Неоднородность как закономерное проявление горизонтальной структуры почвенного покрова 6

ЛІСОВЕ ҐРУНТОЗНАВСТВО

- Белова Н. А., Травлеев А. П., Боговин А. В., Чернышенко В. С.* Эволюция и генезис почв под байрачными лесными фитоценозами в степи 16

ЕКОЛОГІЧНЕ ҐРУНТОЗНАВСТВО

- Farooqui A., Hussain S. M., Srivastava J., Arikesan S.* Pichavaram estuary and adjoining wetland, Tamil Nadu, India: pollen and non-pollen remains in the sediment – a modern palynofacies analysis 28

ФІЗИКА ҐРУНТІВ

- Опанасенко Н. Е.* Водно-физические свойства скелетных плантажированных почв степного и предгорного Крыма 41

- Нецевтов М. В.* Скорость звука и модуль упругости почвы: измерение и роль в передаче вибраций дерева на почву 48

- Горбань В. А., Горбань А. А.* Теплофізичні властивості еолово-ґрунтових відкладів полезаєсних лісосмуг степової зони України 53

РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ

- Узбек И. Х.* Микробоценозы рекультивированных земель как компоненты сложных техноэкосистем 61

- Попа Ю. М.* Особливості первинного грунтоутворення на поверхні териконів вугільних шахт Донбасу 66

ЛІСОВА ГІДРОЛОГІЯ

- Котович О. В.* Вплив соснових біогеоценозів на режим та баланс ґрунтових вод на піщаних терасах долини р. Самари Дніпровської 73

ХІМІЯ ҐРУНТІВ

- Савосько В. Н.* Ассоциации тяжелых металлов в почвах Криворожского железорудного региона 85

- Шеховцева О. Г., Мальцева И. А.* Аэрогенетическое изменение химических показателей поверхностного горизонта почв – основного места существования почвенных водорослей (на примере урбоэкосистем г. Мариуполя) 91

МЕТОДИЧНІ РОЗРОБКИ

- Чмиленко Ф. А., Минаєва Н. П., Саномирський А. В., Сидорова Л. П.* Ускоренная методика хроматографического определения тяжелых металлов в почвах 97

РЕЦЕНЗІЇ

- Травлеев А. П., Белова Н. А.* Карпачевский Л. О. Экологическое почвоведение. – М. : ГЕОС, 2005. – 335 с. 102

- Травлеев А. П., Никифоров В. В.* Наумов Г. Б. Геохимия биосфера. – М. : Издательский центр «Академия», 2010. – 384 с. 110

ХРОНІКА

- Балиук С. А.* Інформація про проведення VIII з'їзду ґрунтознавців та агрохіміків України .. 112

- Балиук С. А.* Резолюція VIII з'їзду Українського товариства ґрунтознавців та агрохіміків (Житомир, 5–9 липня 2010 р.) 114

- Звернення учасників VIII з'їзду Українського товариства ґрунтознавців та агрохіміків 117

- ДО УВАГИ АВТОРІВ** 119

TABLE OF CONTENTS

THEORETICAL ISSUES OF SOIL SCIENCE

Medvedev V. V. Heterogeneity as natural display of horizontal structure of a soil cover 6

FOREST SOIL SCIENCE

Bilova N. A., Travleyev A. P., Bogovin A. V., Chernyshenko V. S. Evolution and genesis of soil of the ravine forest phytocenosis in the steppe zone 16

ECOLOGICAL SOIL SCIENCE

Farooqui A., Hussain S. M., Srivastava J., Arikesan S. Pichavaram estuary and adjoining wetland, Tamil Nadu, India: pollen and non-pollen remains in the sediment – a modern palynofacies analysis 28

SOIL PHYSICS

Opanasenko M. Y. Water-physical features of skeleton trenching soils in steppe and foothills of the Crimea 41

Netsvetov M. V. Speed of sound and elasticity modulus of soil: measurement and role in trees vibration propagation at soil 48

Gorban V. A., Gorban A. A. Thermalphysic properties of aeolian deposits of Ukrainian forest cultural biogeocenoses 53

RECLAMATION OF FOREST SOILS

Uzbek I. Kh. Microbocenos of recultivated soils as a component of compound technokosystems 61

Popa Yu. N. Features of primary soil formation on the surface of waste banks of coal mines of Donbas 66

FOREST HYDROLOGY

Kotovich A. V. The influence of pine ecosystems on the conditions and the balance of underground waters on the sandy terraces of Samara Dniprovska river valley 73

SOIL CHEMISTRY

Savos'ko V. M. The heavy metals' associations in soils at Kryvyi Rih ore mining region 85

Shekhovtseva O. G., Maltseva I. A. Aerotechnogenic change of chemical indicators of superficial horizon of soils – the basic place of existence of soil algae (by example of urbanized ecosystems of Mariupol) 91

METHOD DEVELOPING

Chmylenko F. A., Mynajeva N. P., Sandomirskij A. V., Sydorova L. P. An express method of a chromatographic determination of the heavy metals presence in soils 97

REVIEWS 102

CHRONICLE 112

TO THE AUTHORS' ATTENTION 120

ТЕОРЕТИЧНІ ПРОБЛЕМИ ГРУНТОЗНАВСТВА

УДК 631.45

В. В. Медведев

НЕОДНОРОДНОСТЬ КАК ЗАКОНОМЕРНОЕ ПРОЯВЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Національний науковий центр «Інститут почвоведения и агрохимии им. А. Н. Соколовского»

Предложены диагностические средства для выявления горизонтальной неоднородности почвенного покрова. Объяснены причины появления неоднородности в малых почвенных контурах. Показаны примеры горизонтальных профилей отдельных свойств дерново-подзолистых и черноземных почв. Обсуждены некоторые следствия наличия горизонтальной неоднородности для практики точного земледелия.

Ключевые слова: неоднородность, диагностические средства, причины, горизонтальные профили.

В. В. Медведев

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського»

НЕОДНОРІДНІСТЬ ЯК ЗАКОНОМІРНИЙ ПРОЯВ ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ

Запропоновано діагностичні засоби для виявлення горизонтальної неоднорідності ґрунтового покриву. Пояснено причини появи неоднорідності у малих ґрунтових контурах. Продемонстровано приклади горизонтальних профілів окремих властивостей дерново-підзолистих і чорноземних ґрунтів. Обговорено деякі наслідки існування горизонтальної неоднорідності для практики точного землеробства.

Ключові слова: неоднорідність, діагностичні засоби, причини, горизонтальні профілі.

V. V. Medvedev

National scientific center «A.N. Sokolovsky Institute for soil science and agrochemistry»

HETEROGENEITY AS NATURAL DISPLAY OF HORIZONTAL STRUCTURE OF A SOIL COVER

Diagnostic means for revealing of horizontal heterogeneity of a soil cover are offered. The reasons of heterogeneity occurrence in small soil contours are explained. Examples of horizontal profiles of separate properties of sod-podzol and chernozem soils are shown. Some consequences of horizontal heterogeneity presence for practice of precise agriculture are discussed.

Keywords: heterogeneity, diagnostic means, causes, horizontal profiles.

В данной статье неоднородность рассматривается как закономерное изменение свойств почвенного покрова в горизонтальном направлении в пределах небольших пространств – элементарного почвенного ареала или полипедона (в американском контексте). Такое понимание неоднородности следует от分离ить от традиционного взгляда на неоднородность как следствие формирования зональных типов почв под действием различных климатических, литологических и других факторов, а также от неоднородности, которая присуща почве на уровне профиля (неоднородность в вер-

тическом направлении), отдельного генетического горизонта, агрегата и даже на молекулярном и ионном уровнях (Шеин, 2001).

Существование неоднородности в пределах малых ареалов является доказательством множественности выражения строения и свойств почв при почти полной идентичности факторов почвообразования (Раменский, 1937, по Карпачевскому, 2001; Иенни, 1948), следствием существования не жестких (функциональных), а более сложных (которые выявляются лишь с помощью методов вероятностной статистики) связей между свойствами почв и условиями среды (Михеева, 2005), разнонаправленного действия факторов почвообразования и особенно сложных и противоречивых связей растительности, почвы и климата (Карпачевский, 2001).

Ф. И. Козловский (2003) был одним из первых, кто пояснил неоднородность почвы статистической неоднородностью распределения, то есть не случайным характером варьирования характеристик почвы. Неоднородность Ф. И. Козловским рассматривается как следствие природы почвы, а не привносится искусственно за счет метода исследования. Иначе говоря, горизонтальная неоднородность – это закономерное, а не случайное явление. Для разделения закономерности и случайности используется так называемая теория регионализированных переменных, которая предлагает специальный математический аппарат. В частности, если какое-либо свойство почвы характеризуется значительным коэффициентом пространственной вариабельности, имеет достоверную автокорреляционную функцию и спектральную плотность дисперсии с явными пиками колебаний, с очевидностью можно констатировать наличие неоднородности.

Попытки изучить закономерности горизонтальной неоднородности почв и их свойств ранее предпринимались неоднократно. По сути, учение о структуре почвенного покрова – это одна из важнейших концепций, развитых в этом направлении (Фридланд, 1972). Еще ранее исследовали различные комплексы, комбинации, почвенные катены. Все это были попытки исследовать закономерности горизонтального распределения почв. По мнению С. В. Горячкина (2006), закономерности горизонтального распределения почв трансформировались сегодня в учение о горизонтальном профиле почв, которое находится на начальном этапе своего развития, да и то фактически относительно развито только в географии почв. Специалистам по гидрологии, физике, микробиологии, минералогии и другим разделам почвоведения еще только предстоит получить соответствующие пространственные данные. Да и агрохимики, которые предпочитают проводить агрохимическую паспортизацию с помощью маршрутной съемки вместо закладки регулярной сети точек опробования, получают искаженные данные об обеспеченности пространства поля питательными веществами (Самсонова, 2001).

ЦЕЛЬ И МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель статьи – выявить горизонтальную неоднородность почвенного покрова, ее причины, продемонстрировать примеры горизонтальных профилей и обсудить некоторые следствия существования горизонтальной неоднородности для практики точного земледелия.

В статье использованы материалы исследований горизонтальной неоднородности 6 полей пашни в Волынской (объекты Романив и Колки), Черниговской (Ведильцы), Харьковской (Коротыч и Коммунар) и Донецкой (Донецк) областях. Программа работ включала исследования морфологических, физических, физико-химических и химических свойств почв с использованием известных методов. В исследованиях принимали участие сотрудники Волынского и Черниговского производственных центров по охране плодородия почв и качества продукции Минагрополитики Украины.

Почвенный покров полей в Полесье состоял преимущественно из дерново-подзолистых в различной мере оглеенных почв, в Лесостепи – чернозема типичного и темно-серой оподзоленной почвы, в Степи – чернозема обыкновенного. Измерения и отбор образцов осуществляли на элементарных делянках, заложенных по регулярной сетке. На 1 га примерно попадало по 1–2 делянки размером 5 × 5 м. Всего делянок было от 27 до 51, а площадь полей – от 11 до 105 га.

Математическую (статистическую и геостатистическую) обработку осуществляли с использованием стандартных программ Statistica, Surfer и MapInfo. Наиболее важными представлялись оценки вариабельности, дисперсии, размаха колебаний, гистограмм (для определения типа распределения и меры его отклонения от гауссово – нормального распределения), вариограмм (для определения специфических геостатистических параметров – полудисперсии, порога дисперсии, наггет-эффекта и радиуса корреляции), 3-D-диаграмм и особенно 2-D-диаграмм (для установления контуров с различными параметрами плодородия и построения горизонтальных профилей), автокорреляционной функции и ее спектральной плотности дисперсии (для оценки достоверности существования неоднородности и характеристики ее колебаний).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Особенности горизонтальной неоднородности почв и ее причины. Наибольшей неоднородностью характеризуются полесские и лесостепные поля (средние коэффициенты вариации соответственно составляют 0,42 и 0,49), наименьшей (0,30) – поле в Степи (табл. 1). Если воспользоваться известной классификацией Б. Г. Розанова (1975), то при таких коэффициентах неоднородность исследованных почв гарантируется. И действительно, геостатистические оценки подтверждают этот вывод. Автокорреляционная функция почти для всех показателей достоверна, а спектральная плотность дисперсии образует явные пики колебаний. Геостатистические оценки различаются между собой только тем, что достоверность функции прослеживается на разных расстояниях, а пики – в области разных волновых частот. Полудисперсия в большинстве случаев аппроксимируется сферической моделью, на которой ясно выделяются порог дисперсии и радиус корреляции.

Пространственная неоднородность визуализируется на 2-D- и 3-D-диаграммах, причем она почти всегда присутствует независимо от величины коэффициента вариации почвенного свойства.

В качестве примера продемонстрируем результаты статистической и геостатистической обработки двух индивидуальных показателей (островариабельного – содержания подвижного фосфора и умеренно вариабельного – pH) – рис. 1, 2.

Таблица 1
**Средние коэффициенты пространственной вариабельности свойств почв
в исследованных полях**

Свойства почв	Полесье	Лесостепь	Степь
Структурный состав посевного слоя:			
глыбистость	0,64	0,62	0,43
агрономически ценная фракция	0,13	0,13	0,12
пыль	1,90	0,46	1,09
Плотность сложения:			
в посевном слое	0,18	0,06	0,10
в плужной подошве	0,06	0,14	0,07
Твердость:			
в посевном слое	0,24	0,15	0,15
в плужной подошве	0,18	0,12	0,05
Содержание гумуса	0,40	0,09	0,10
pH	0,07	0,11	0,03
Суммарный минеральный азот	0,36	0,44	0,59
Подвижный фосфор	0,56	0,77	0,70
Подвижный калий	0,50	0,72	0,23
Урожай	0,29	0,19	0,18
Средний коэффициент вариации для зоны	0,42	0,49	0,30

Наибольшей неоднородностью характеризуется глыбистость посевного слоя почвы, содержание подвижного фосфора и далее в убывающей последовательности: суммарный минеральный азот, подвижный калий, плотность сложения и твердость посевного слоя, количество агрономически ценных агрегатов. Завершает этот ряд

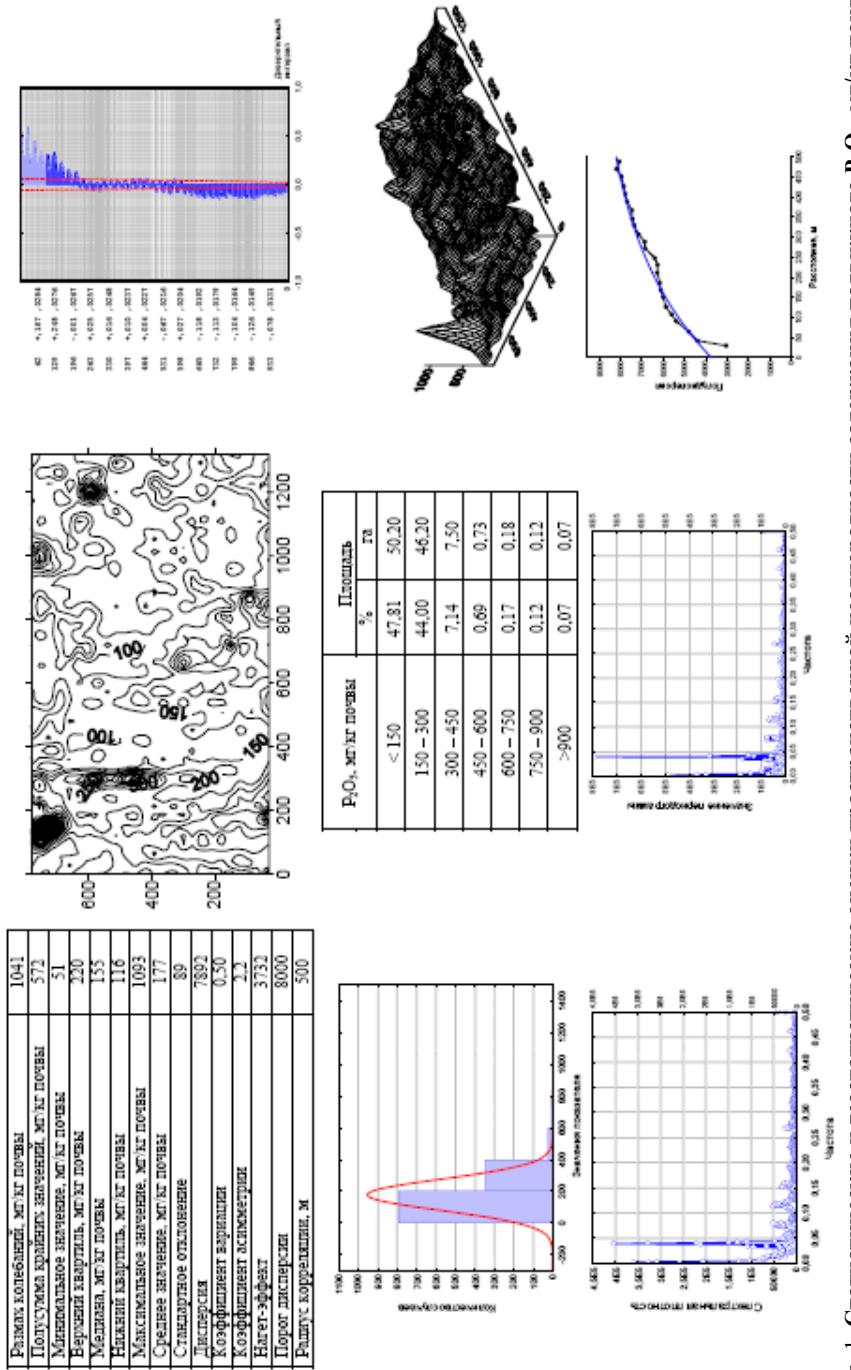


Рис. 1. Статистические и геостатистические оценки пространственной неоднородности содержания подвижного P_2O_5 , мг/кг почвы в пахотном слое черново-подзолистой почвы (Черниловская область). Верхний ряд иллюстраций соответствует: статистические и геостатистические оценки, 2-D-диаграмма, автокорреляционная функция с доверительным коридором (цифры слева означают коэффициенты корреляции с оценкой ошибки в зависимости от расстояния, справа – критерий Пирсона); средний ряд – гистограмма, оценка площадей контуров на 2-D-диаграмме, 3-D-диаграмма; нижний ряд – спектральная плотность дисперсии, периодограмма, вариограмма

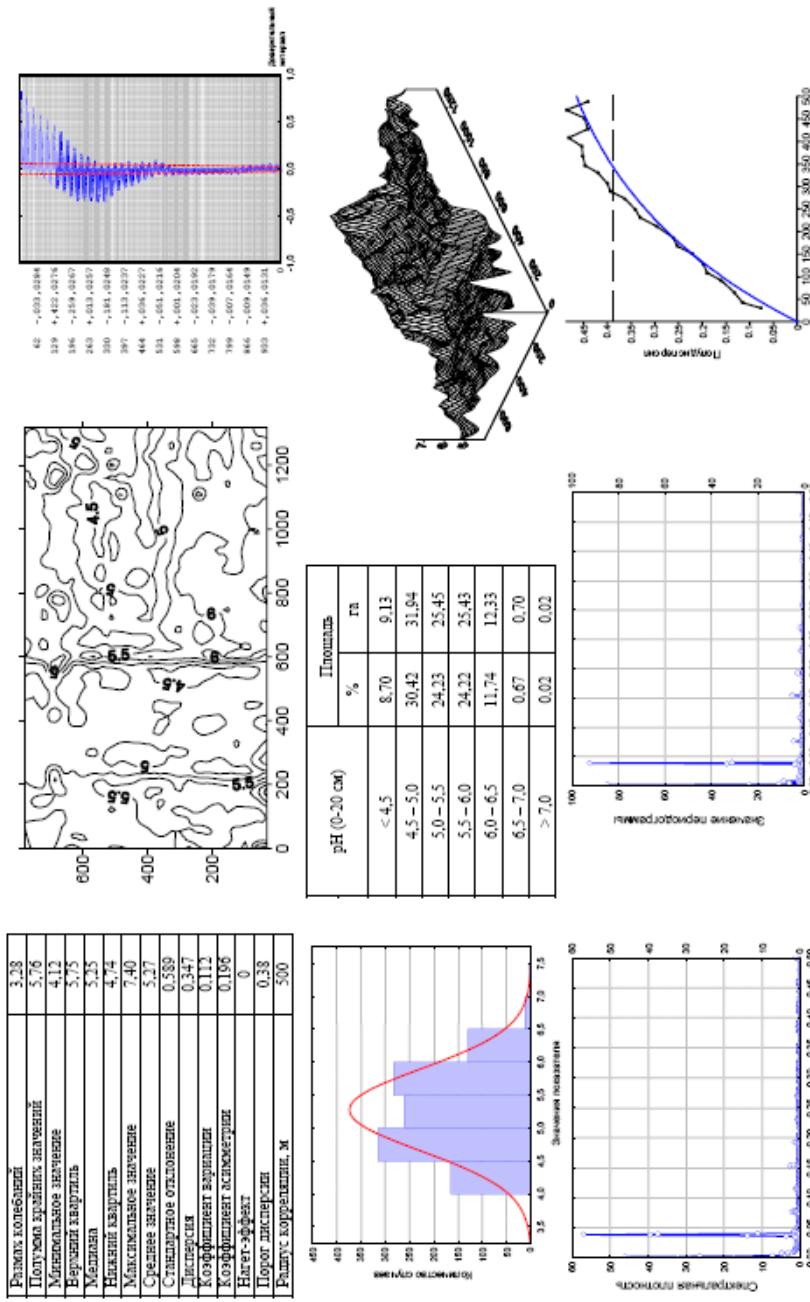


Рис. 2. Статистические геостатистические оценки пространственной неоднородности рН в пахотном слое дерново-подзолистой почвы (Черниговская область). Обозначения иллюстраций аналогичны рис. 1

содержание гумуса и рН. Неоднородность последнего показателя особенно низка (соответственно 0,07; 0,11 и 0,03 в полесских, лесостепных и степных объектах), что может быть следствием слабовыраженной природной гетерогенности рН и отсутствия применения химических мелиорантов в последние 20 лет.

Полученные нами многочисленные геостатистические картографо-аналитические оценки неоднородности позволяют выяснить некоторые закономерности ее проявления в исследованных объектах. Высокой величине вариабельности, как правило, сопутствует неоднородность на различных расстояниях поля. Значит, чем выше вариация и дисперсность, тем скорее в пространственной структуре появляются отклонения от теоремы Ляпунова, устанавливающей обязательную симметричность выборок для большинства природных объектов. Иначе говоря, логично предположить, что высокая вариация (как это констатируется в отношении пространственной неоднородности содержания макроэлементов питания) становится следствием не только разнонаправленного действия природных факторов, но и некоторых других. К ним можно отнести действие антропогенных факторов. Следовательно, при высокой величине вариабельности и отклонении выборки от гауссовой кривой заранее можно предполагать участие деятельности человека в формировании неоднородности.

Вероятность появления асимметричности и эксцесса выборки (или то же самое – усложнение пространственной структуры свойства) прямо связана с коэффициентом вариации и величиной дисперсии. Причем, подчеркнем вновь: при высокой величине вариабельности вероятность появления наггет-эффекта (неоднородность на расстояниях меньше шага опробования) возрастает.

Появлению наггет-эффекта, как правило, сопутствует автокорреляционная функция с достоверным коэффициентом корреляции. То есть пространственные оценки неоднородности, хотя во многом и различны и характеризуют различные стороны этого явления, все же вполне согласуются между собой. Поэтому есть все основания предполагать, что при высокой вариабельности свойства вероятность появления неоднородности высока на всем пространстве поля. Одновременно с этим возрастает вероятность появления достоверной автокорреляционной функции. Чем выше вариабельность, тем выше вероятность появления нескольких пиков волн на кривой спектральной плотности дисперсии. И, наконец, чем выше вариабельность, тем сложнее пространственная структура неоднородности свойства. Однако и при небольших коэффициентах пространственной вариации вероятность появления неоднородности достаточно высока.

Подчеркнем: для распознавания неоднородности необходимо, кроме коэффициента вариации, убедиться в наличии достоверной автокорреляционной функции и ясно выраженных пиков на кривой спектральной плотности дисперсии. Причем важно иметь в виду, что невысокий, как и высокий коэффициенты вариации, еще не свидетельствуют соответственно об отсутствии или наличии неоднородности. Коэффициент вариации, скорее всего, является индикатором меры хаоса в пространственных оценках поля (при отсутствии неоднородности), а неоднородность – мера их упорядоченности. Только при наличии неоднородности коэффициент вариации является ее мерой.

Кроме разнонаправленного действия факторов почвообразования, нельзя не упомянуть еще об одной причине появления горизонтальной неоднородности.

Априори (да и в литературе этому находится множество подтверждений) считается, что основным природным фактором дифференциации почвенного покрова является рельеф и связанное с ним перераспределение влаги и разнообразных соединений в пространстве поля с повышенных элементов в пониженные, либо под действием силы тяжести. Рельеф активно корректирует любой почвообразовательный процесс, усиливая его пространственную неоднородность. Это касается процессов эрозии/аккумуляции, оглеения либо оподзоливания, а также всех других процессов, существование которых в той или иной мере связано с разнообразными миграциями веществ.

Роль рельефа весьма отчетливо прослеживается при сопоставлении топографии местности и 2-D-диаграмм распределения на поле различных химических соединений. Как правило, зоны обогащения элементами совпадают с понижениями, зоны обеднения – повышениями. Такие миграции, осуществляющиеся под действием ла-

теральных и вертикальных потоков веществ, усиливают природную неоднородность свойств почв поля.

На рис. 3 демонстрируется совмещенная диаграмма топографии поля с диаграммой пространственной неоднородности подвижного фосфора. Такое совмещение, называемое кокригингом, позволяет, повторяя, выявить определенные тренды (направления) в миграции элементов под влиянием рельефа. Даже без проведения специального анализа хорошо заметно, что в пониженной северо-западной части поля отмечается явное накопление подвижного фосфора. Подчеркнем: это касается фосфора, миграционные способности которого весьма ограничены.

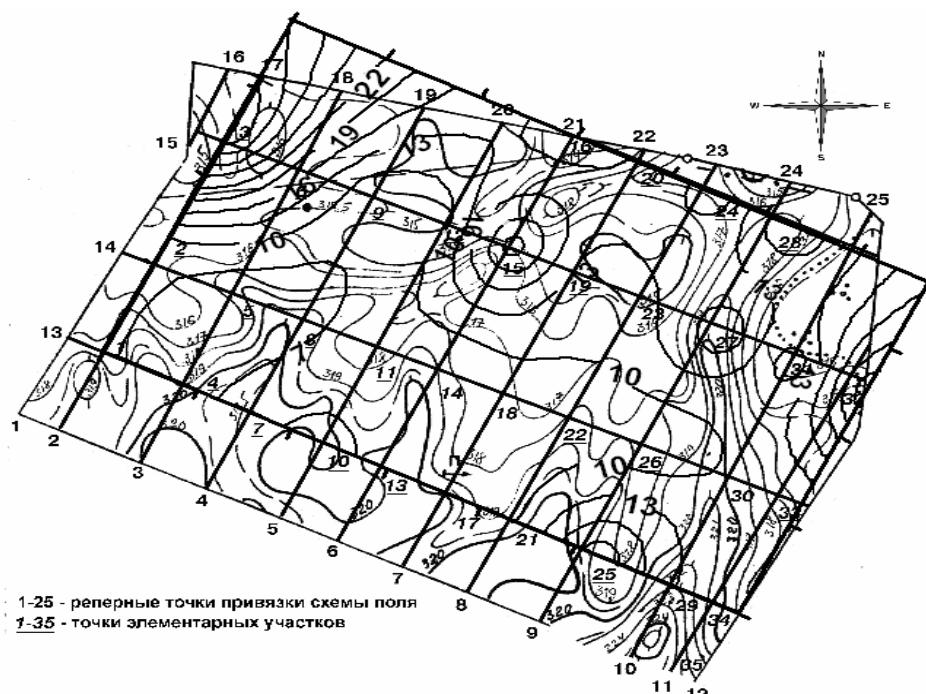


Рис. 3. Совмещенные 2-D-диаграммы (кокригинг) рельефа и пространственной неоднородности подвижного фосфора. Объект Романив

В зависимости от различных условий рельефа (точнее, мезорельефа) и в соответствии с этим различным увлажнением отдельных участков развиваются зависящие от последнего процессы агрегации/деагрегации, уплотнения/разуплотнения, изменяется воздушный и микробиологический режимы и в целом формируется неоднородность. Это своего рода отдаленные последствия различий в рельефе для неоднородности поля.

Некоторые из отдаленных последствий рельефа для формирования неоднородности свойств поля доказываются на примере пространственного распределения равновесной плотности сложения посевного слоя. На участке поля, где увлажнение повышенено, этот показатель под действием давления ходовых систем машинно-тракторных агрегатов проявляется явную тенденцию к возрастанию.

Особенно наглядна дифференциация pH в зависимости от рельефа поля. Оказалось, что на возвышенных участках pH явно стремится в кислую сторону, на пониженных – становится почти нейтральной. Скорее всего, это может быть связано с особенностями миграции кальция с возвышенных частей поля в пониженные либо следствием более заметных потерь кальция с вертикальными потоками на возвышенных частях поля. Но как бы то ни было, явления дифференциации свойств почв под действием прошлых либо современных потоков представляются важным вкладом в формирование неоднородности.

Таким образом, рельеф, видимо, является первопричиной возникновения неоднородности почвенного покрова в природных условиях. Одновременно рельеф формирует механизм, благодаря которому неоднородность поддерживается во времени и не ослабевает даже спустя 150 лет химизации и обработки (Dawson, 2006; Godwin et al., 2002).

Примеры горизонтальных профилей. Горизонтальный профиль почв устанавливается на основе анализа 2-D- и 3-D-диаграмм, вариограмм, автокорреляционной функции (при условии достоверности ее отличия от нуля) и спектральной плотности дисперсии. Так, например, горизонтальный профиль такого важного в агрономическом отношении показателя, как глыбистость в посевном слое (на объекте Ведильцы), описывается следующим образом. В поле размером примерно 750×1300 м можно выделить два сравнительно больших контура («горизонта») с содержанием глыб менее 20 % и более 20 %. Такая величина, как известно, является допустимой при проведении основной обработки. Следовательно, более высокое содержание глыб определяет обязательность дополнительной послеплужной обработки.

Один из контуров состоит из трех отдельных кусков. Линии раздела между контурами показаны на 2-D- и 3-D-диаграммах (рис. 4). Максимальный горизонтальный размер контура составляет примерно 350–400 м, что соответствует радиусу корреляции на вариограмме. Пространственную неоднородность содержания глыбистости на поле следует признать достоверной, что доказывает автокорреляционная функция с достоверным отличием от нуля в области средних шагов (лаг-расстояние), а также ясно выраженный пик спектральной плотности дисперсии. В крупные контуры вложены несколько менее крупные контуры со значениями глыбистости соответственно 25–30 и 15–5 %. Возможность неоднородности в крупных контурах доказывается наличием наггет-эффекта.

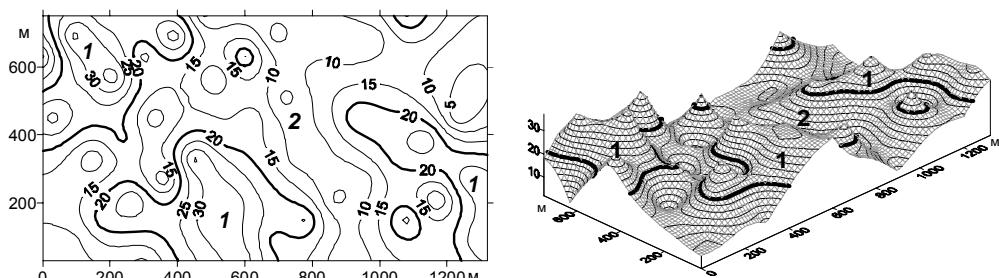


Рис. 4. Горизонтальный профиль почвенного покрова объекта Ведильцы по неоднородности частного свойства (содержания в посевном слое глыбистой фракции):
1 – > 20%; 2 – < 20%

Таким образом, горизонтальный профиль объекта Ведильцы, установленный по частному критерию, включает чередование участков с различной количественной и качественной характеристиками.

Горизонтальный профиль может быть также установлен по синтетической оценке, разумеется, при условии, что отдельные составляющие этой оценки совместны и не образуют непреодолимых противоречий. Так, для того же объекта оказалось возможным построить горизонтальный профиль по суммарной оценке обеспеченности почв поля макроэлементами питания – суммарным азотом, подвижными формами фосфора и калия (рис. 5).

Примеры горизонтальных профилей других объектов, полученные на основании частных и интегральных оценок пространственной неоднородности, приведены на рис. 6 и 7. На рисунках демонстрируются профили, у которых достоверна автокорреляционная функция, явно выражен пик на спектрограмме дисперсии, а по вариограммам устанавливаются размеры радиусов корреляции.

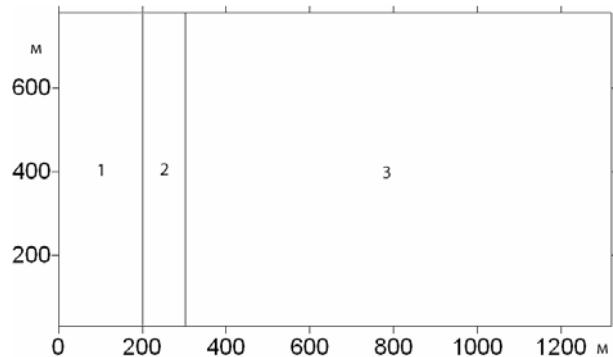


Рис. 5. Горизонтальный профиль почвенного покрова объекта Ведильцы по неоднородности интегрального свойства (обеспеченности почв элементами питания:
1 – высокая; 2 – умеренная; 3 – низкая)

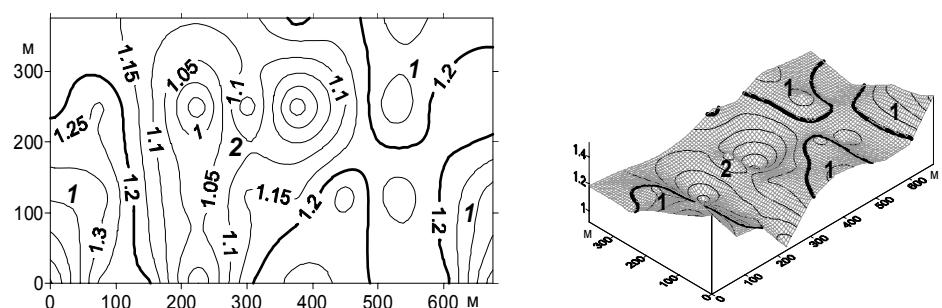


Рис. 6. Горизонтальный профиль почвенного покрова объекта Романив по неоднородности частного свойства
(плотности сложения в посевном слое: 1 – $>1,2 \text{ г}/\text{см}^3$; 2 – $<1,2 \text{ г}/\text{см}^3$)

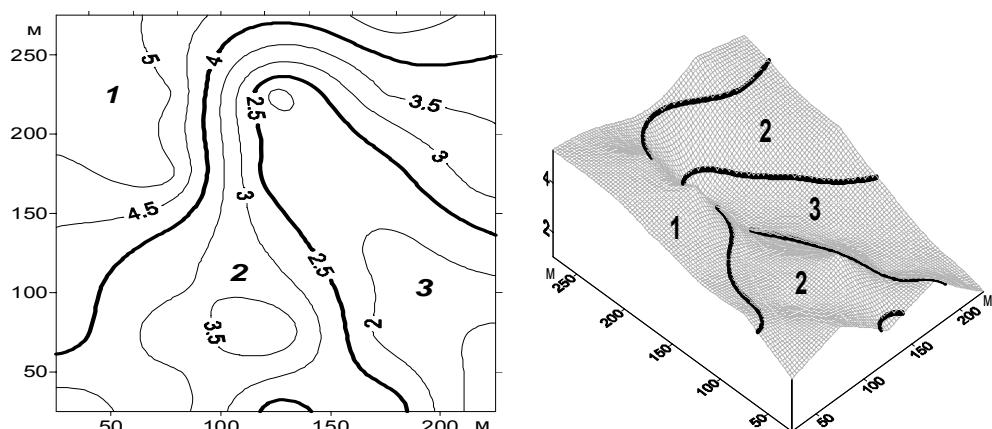


Рис. 7. Горизонтальный профиль почвенного покрова объекта Колки по неоднородности частного свойства (содержанию гумуса, %): 1 – >4 ; 2 – 4–2,5; 3 – $<2,5$

НЕКОТОРЫЕ СЛЕДСТВИЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ДЛЯ ПРАКТИКИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Выше мы попытались описать горизонтальные профили на примере почвенного покрова исследованных полей. Подчеркнем: горизонтальный профиль – это, прежде всего, закономерное чередование в пространстве отдельных контуров порой очень

сложной конфигурации и самых разных размеров. Как мы можем вполне уверенно предположить, локализация и форма контуров регулируются главным образом мезорельефом и хозяйственной деятельностью человека. Контуры, полученные на основании интегральных критериев, как правило, намного проще, чем контуры, образованные с использованием частного критерия. Кажется, и у частных, и у интегральных контуров имеются определенные перспективы в точном земледелии. С помощью частных критериев можно образовать контуры, для которых может оказаться важным углубление обработки (например, при повышенных параметрах плотности сложения в плужной подошве), либо контуры, где в первую очередь требуется известкование (при крайне низких показателях pH), либо увеличить число предпосевных культиваций (вследствие повышенной глыбистости).

С помощью интегральных критериев и на образованных с их помощью контурах следует запланировать комплексные агротехнологии, направленные, например, на выравнивание плодородия разных частей поля, изменение структуры угодий либо севаоборота. Наконец, может оказаться полезным постоянный или временный вывод части поля из обработки.

Итак, развитие представлений о горизонтальном профиле почв имеет безусловное значение для теории почвоведения как фундаментальной науки и для земледельческой практики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Горячкин С. В. Проблема приоритетов в современных исследованиях почвенного покрова: структурно-функционально-информационный подход или парциальный анализ / С. В. Горячкин // Научные труды «Современные естественные и антропогенные процессы в почвах и геосистемах». – М., 2006. – С. 53-80.

Иенини Г. Факторы почвообразования / Г. Иенини. – М. : Изд-во иностр. лит., 1948. – 347 с.

Карпачевский Л. О. Некоторые методические аспекты учета пространственной неоднородности в почвоведении / Л. О. Карпачевский // Масштабные эффекты при исследовании почв. – М. : Изд-во МГУ, 2001. – С. 39-46.

Козловский Ф. И. Теория и методы изучения почвенного покрова / Ф. И. Козловский // Почвенный индивидуум и методы его определения. – М. : ГЕОС, 2003. – С. 249-267.

Михеева И. В. Пространственные флюктуации и вероятностно-статистические распределения свойств каштановых почв Кулундинской степи / И. В. Михеева // Почвоведение. – 2005. – № 3 – С. 316-327.

Розанов Б. Г. Генетическая морфология почв / Б. Г. Розанов. – М., 1975. – 286 с.

Самсонова В. П. Структуры пространственной вариабельности агрохимических свойств пахотной дерново-подзолистой почвы / В. П. Самсонова, Ю. Л. Мешалкина, Е. А. Дмитриев // Е. А. Дмитриев. Теоретические и методологические проблемы почвоведения. – М. : ГЕОС, 2001. – С. 318-331.

Фридланд В. М. Структура почвенного покрова / В. М. Фридланд. – М. : Мысль, 1972. – 423 с.

Шеин Е. В. Пространственная неоднородность свойств на различных иерархических уровнях – основа структуры и функций почв / Е. В. Шеин, Е. Ю. Милановский // Масштабные эффекты при исследовании почв. – М. : МГУ, 2001. – С. 47-61.

Dawson C. J. Implications of Precision Farming for Fertilizer Application Policies // Наук. вісник Національного аграрного університету. – 2006. – Вип.101. – С. 27-42.

Godwin R. J., Earl R., Taylor C., Wood G. A., Bradley R. I., Welsh J. P., Richards T., Blackmore B. S., Carver M., Knight S. Precision farming of cereals // Practical guidelines and crop rotation. Project Report 267, Home-Grown Cereals Authority. – London. – 2002 . – P. 8.

Надійшла до редколегії 02.06.10

ЛІСОВЕ ГРУНТОЗНАВСТВО

УДК 631.42

Н. А. Белова¹, А. П. Травлеев², А. В. Боговин³, В. С. Чернышенко⁴

ЭВОЛЮЦИЯ И ГЕНЕЗИС ПОЧВ ПОД БАЙРАЧНЫМИ ЛЕСНЫМИ ФИТОЦЕНОЗАМИ В СТЕПИ

¹Академия таможенной службы Украины

²Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара

³Институт земеделия НААН Украины

⁴Национальный горный университет

Статья посвящена эволюции и генезису лесных почв байрачных экосистем юго-востока Украины. Подтверждаются взгляды Сибирцева, Димо, Адерихина, Зонна, Бельгарда, Крупеникова, Травлеева и других исследователей о своеобразии генезиса байрачных почв в условиях степной зоны Украины с использованием общих методов исследований и микроморфологического анализа.

Ключевые слова: микроморфология почв, лесное почвоведение, лесные биогеоценозы.

Н. А. Білова¹, А. П. Травлеєв², А. В. Боговін³, В. С. Чернишенко⁴

¹Академія митної служби України

²Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара

³Інститут землеробства НААН України

⁴Національний горний університет

ЕВОЛЮЦІЯ ТА ГЕНЕЗИС ГРУНТІВ ПІД БАЙРАЧНИМИ ЛІСОВИМИ ФІТОЦЕНОЗАМИ У СТЕПУ

Стаття присвячена еволюції та генезису лісових ґрунтів байрачних екосистем південного сходу України. Підтверджуються погляди Сибірцева, Дімо, Адеріхіна, Зонна, Бельгарда, Крупенікова, Травлеєва та інших дослідників про своєрідність генези байрачних ґрунтів в умовах степової зони України з використанням загальних методів досліджень та мікроморфологічного аналізу.

Ключові слова: мікроморфологія ґрунтів, лісове ґрунтознавство, лісові біогеоценози.

N. A. Bilova¹, A. P. Travleyev², A. V. Bogovin³, V. S. Chernyshenko⁴

¹Academy of Customs Service of Ukraine

²O. Gonchar Dnipropetrovsk National University

³Institute of Agriculture of NAAS of Ukraine

⁴National Institute of mines

EVOLUTION AND GENESIS OF SOIL OF THE RAVINE FOREST PHYTOCENOSIS IN THE STEPPE ZONE

The present paper deals with evolution and genesis of ravine forest soils in ecosystems of south east of Ukraine. The work corroborates the views of Sibirtsev, Dymo, Aderikhin, Zonn, Belgard, Krupenikov, Travleyev and other researchers about the peculiarity of ravine forest soil genesis in the steppe zone of Ukraine using the general methods of investigation and micromorphological analysis.

Key words: micromorphology of soil, forest soil science, forest biogeocenosis.

Лесное почвообразование в степной зоне – в байрачных и аренных, в краткопоменных и продолжительнопоемных лесах, в кустарниковых биогеоценозах, проходит сложные циклические и сукцессионные пути развития. Лесное почвообразование

представляет совокупность явлений и процессов, приводящих к формированию почв, а сам педогенетический процесс включает материнскую породу, рельеф, климат, растительность, животное население, время и деятельность человека.

Лесной педогенез в степи взаимосвязан с гетерогенностью, полигенностью, моногенностью, гетерохронностью, монохронностью и с другими особенностями почвообразования. Эволюция педогенеза является понятием более широким, чем эволюция почв. Если эволюция почв подразумевает становление и трансформацию почвенного тела, при условии его сохранения на дневной поверхности, то эволюция педогенеза включает, соответственно, и эволюцию почв, и эволюцию типов педогенеза, которые подвергались различным формам динамики на протяжении истории своего становления (Ковда, 1974; Таргульян, 1986; Лозе, 1998).

Как отмечает И. Г. Пидопличка (1946), на территории левобережного плато и Донбасса, Азово-Черноморской низменности по отдельным находкам ископаемых слонов, бизона, лошадей, мамонта, носорога, грызунов в среднечетвертичных и позднечетвертичных отложениях можно считать, что в течение всего четвертичного периода эти районы имели лесостепной характер. Начиная с позднего постплиоцена и почти до нашего времени, на открытых пространствах юга Украины, прерываемых долинными лесами, паслись огромные стада бизонов и других копытных. Степные просторы сменялись лесостепными и лесными. Пестрота генезиса и эволюции почвенного покрова создала отдельные локалитеты почвенных образований, которые часто несут в себе своеобразную информацию амфиценотического, полигенетического, макро-, мезо- и микроморфологического облика. При этом, особое значение приобретает микроморфологический метод познания генезиса и эволюции почвенного покрова.

За последний период научного и практического изучения почвообразовательных процессов, почвоведам – экологам довелось участвовать в разработке двух вариантов парадигмы и наблюдать развитие третьего варианта (Зонн, 1989, с. 86) Первая парадигма факторы → почвы сыграли важную роль в мобилизации мысли почвоведов и практиков в исследовании зональных закономерностей и интраzonальных явлений в почвообразовании.. Вторая парадигма исходит из учения В. Н. Сукачева о почве как компонентном итоговом блоке биогеоценоза и, наконец, третья – неодокучаевская парадигма, построена И. П. Герасимовым (1972), заключается в формуле с обратно направленными стрелками: свойства ← процессы ← факторы. Факторы, являющиеся «входящими параметрами» для «прецессионного блока» почвообразования, порождают свойства и опровергают догматический подход к абсолютизации в оценке влияния формаций В. Р. Вильямса, когда сбрасывается со счетов зональный фактор «...всюду, где в природе протекает почвообразовательный процесс под пологом леса – неукоснительно встречаются, ниже горизонта подзола, отложения всех упомянутых апокренатов» (1939, с. 35). Факторы степной обстановки обуславливают работу прецессионного блока и, в конечном счете, образуют свойства, присущие конкретной физико-географической зоне. Известно, что вопрос о почвообразовательных процессах под лесной растительностью в степи решен в пользу обогащения черноземов гуматами кальция, высокой насыщенностью ППК основаниями, нейтральной реакцией почвенного раствора, положительным средопреобразующим влиянием лесного фитоценоза на создание водопрочной агрономически полезной структуры, специфической микроморфологической архитектоникой почвенного профиля. Работы П. Г. Адерихина, А. Л. Бельгарда, С. В. Зонна, И. А. Крупенникова, А. П. Травлеева (1983) и др. показали, что в результате влияния байрачных естественных лесов, искусственно созданных лесных массивов и полезащитных полос в степи не обнаруживается процессов ухудшения почвообразования. Напротив, полученные материалы убедительно свидетельствуют об улучшающем воздействии лесной растительности на черноземные почвы, отсутствии факторов, обуславливающих уничтожение черноземов под влиянием лесной растительности в степи.

Академик Н. А. Димо – воспитанник Ново-Александрийского института, ученик В. В. Докучаева и Н. М. Сибирцева, так характеризует формирование лесных черноземов в Молдавии: «...наличие лесных почв по своему строению, свойствам и

другим признакам не только не отличающихся от черноземов, но в лучшей выраженности их представляющих», «...Сибирцев в Арзамасском уезде описал в лесах черноземы без каких-либо черт лесного почвообразования. В работе по описанию почв бассейна р. Сызрана, Богославский отметил, что в лесах черноземные почвы – без каких либо признаков их изменения под влиянием лесной растительности. В таком же роде характеристики и представления находятся у Неуструева в описании почв Бугульминского уезда». «...При изучении почв Саратовской губернии Димо, Шульга, Гордеев установили крупнейшие площади лесных почв на мелу под сосновыми борами, ничем не отличавшихся от установленных Докучаевым в Симбирской и Саратовской губерниях степных черноземов на мелу. Набоких в 1915 г. писал, что ему неоднократно приходилось убеждаться, что северная окраина лесового плато, в ближайшем соседстве с песками сплошного Полесья, бывает покрыта островками черноземов, которые, хотя и были здесь заняты лесом, но не приобрели особенностей деградированных почв... Не является ли ныне, что нами применяется и рекомендуется, правильным называть почвы, не только не утратившие черты профиля и свойств черноземов в лесах, но представляющих их более хорошо развитыми сравнительно с прилегающими пашенными черноземами и насыщенными гумусом – лесными черноземами. Приведенные примеры из большого количества фактов широкого распространения в лесах Молдавии почв, мало отличающихся от степных, являются достаточными, чтобы с полным основанием называть их лесными черноземами. Изучению этих почв необходимо уделить должное внимание, как их гумусу, так и особенно их географии. Почвоведам надлежит организовать исследования как географические, так и стационарные, особенно по базису влаги, органических и минеральных веществ, биологическим факторам и процессам в почве» (Димо, 1958, с. 22–25).

Ганс Иенни (1948) подчеркивает, что «...каждая система характеризуется совокупностью свойств... Любая система может считаться определенной, если установлены ее свойства». «Поиски взаимосвязей между двумя свойствами, увенчаются успехом, если будет учитываться постоянство факторов почвообразования (с. 27, 324). При таком толковании (Зонн, 1993) обычные свойства почвы приобретают значение зависимых переменных и могут выражаться в виде функций от факторов почвообразования, такой подход обеспечивает возможность нахождения количественных зависимостей между свойствами почвы и факторами почвообразования». Участвуя в разработке этой парадигмы, С. В. Зонн (1986) расширил ее приложение к тропическому почвообразованию и почвам и ввел в классификацию новые типы почв – аллитного, ферраллитного и ферритного классов.

Исследование лесных черноземов в байрачных лесах подсказывает огромную роль, которую играет экологическая микроморфология для детального исследования сложной природы почвообразования в лесных биогеоценозах степной зоны (Белова, 2000). Здесь необходимо держать в поле зрения слова гениального исследователя русского чернозема В. В. Докучаева, который подчеркивал: «Покамест не произведены, в достаточном числе, микроскопические анализы самых разнообразных образцов чернозема, я удерживаюсь относить данное явление исключительно на счет растущих и когда-либо росших здесь лесов...; наконец, также совершенно возможно и естественно, что в местах, где лес растет на черноземе, этот последний мог появиться раньше первого».

И действительно, в постплейстоценовую эпоху, лесная растительность поселялась не только рядом с луговой растительностью, но и на готовые черноземные почвы. Однако, при этом, просуществовав до 15–20 тысяч лет, лесная растительность не только не провоцировала процессы деградации, а, напротив, сформировала лесные почвы, которые по своему комплексу свойств, как правило, превосходят рядом развивающиеся степные черноземы. Более широкое применение микроморфологического метода дает возможность определить пути развития почвообразования на основе микроструктурной архитектоники с использованием базовых шкал морфологических элементов (Корнблум, 1975), а по соотношению первичных и вторичных минералов, кутанного комплекса текстурно-дифференцированных почв и ее свойства (Бронникова, 2005).

В «Базовых шкалах» изложены основные уровни морфологической организации почвенной массы. При расшифровке экологической организации почв – основы почвообразования, предлагается начинать с низшего уровня – морфем, которые образуют основание иерархической системы.

К простым морфемам относятся почвенные морфологические элементы, внутри которых нельзя обнаружить более мелкие морфологические элементы. Минимальным размером морфем, может быть избрана разрешаемая величина 0,25 мм, что, примерно втрое больше разрешающей способности глаза на расстоянии наилучшего зрения (25 см). Почвенными морфемами являются – наименьшие различимые педы, отдельные или объединенные в друзы кристаллы солей и льда, стяжения сплошного чистого льда, мономинеральные гранулометрические элементы и минералогические индивиды внутри обломков плотных пород, однослойные кутаны, недифференцированные стяжения, в том числе конкреции, простые корни и отдельные корни.

Составные морфологические элементы, сложенные однотипными морфемами образуют морфемы, полиморфемы, гетероморфемы.

Наименьший морфологически однородный объем почвы, выделяемых в пределах генетического горизонта, образует морфоны, полиморфоны, гетероморфоны, гетерополиморфоны педов, кутан и других разнофункциональных совокупностей строения почв, что даёт возможность подойти к расшифровке природных процессов эволюции и генезиса лесного почвообразования. Основу диагностики почвообразования составляет характеристика в целом почвенного профиля и его горизонтов. Уровни эволюции рассматриваются с учетом типа почвообразования, в целом почвенного покрова, профиля почв, горизонтов, свойств (Карпачевский, 2005).

Возникает необходимость также учитывать варианты эволюции байрачных почв: природная, антропогенная, непрерывная, дискретная, односторонняя, разнонаправленная, аутоэволюционная, коэволюционная, аллоэволюционная (метаморфоз), синхронная, метахронная и др.

Локально катастрофические сукцессии – деструктивные процессы, учитываются при анализе почвенного профиля. Они разделяются на:

а) денудационные (раскопка, уничтожение частичное или полное); б) аккумуляция; в) турбация (верти, крио-омоложение, уничтожение); г) биологическая совместимость, гемисовместимость, несовместимость сочетания горизонтов и др. явления. Здесь наглядным примером может служить деструкция почв в Ново-Волынском, Западно-Донбасском бассейнах, где под влиянием просадочных процессов происходит деструкция почвенного покрова вплоть до полного его уничтожения и необходимости конструирования новых искусственных эдафотопов.

Анализируя почвенный профиль, как итог работы процессионного блока, необходимо различать его свойства, которые удобно разделять на унаследованные от породы, литогенные, современные, реликтовые, педогенные.

Литогенные делятся на педолитогенные и собственно литогенные. Современные свойства могут проявляться в зреом или не в зреом состоянии.

Реликтовые почвы оказываются необходимыми для установления свойств современных почв при использовании всего комплекса палеогеографических, геологических и геоморфологических данных (Соколов, 1993, 1997).

Реликтовость часто выражается в отдельных признаках, в морфемах, морфонах, а иногда и в целом профиле, что свидетельствует о наложении новых почвенных процессов на реликтовый и преобразованный профиль. В связи с этим надо иметь в виду (Ковда, 1973), что современные почвенные профили не адекватны современным условиям почвообразования. Они хранят в себе также свойства, которые были приобретены на предыдущих этапах развития. Почвенный отряд Комплексной экспедицией ДНУ использует рубрикацию реликтовых почв предложенных И. А. Соколовым и др. (1997) с разделением их на аутореликтовые, аллореликтовые, стирающиеся, необратимо закреплённые, воспроизвоящиеся. Все эти «врождённые» особенности проявляются в той или иной мере в своеобразных байрачных лесных чернозёмах степи. Учет и размежевание этих свойств даёт возможность уйти от оценки лесного псевдопочвообразования к истинным процессам, присущим сложному лес-

ному почвообразованию на фоне ксерофитной степной обстановки семиаридных территорий Украины.

Отсюда возникает вопрос о проявлении в микроморфологической организации лесных почв отклонений от оптимальных значений лесного почвообразования. Другими словами, экогенетическая патология микроморфологического строения лесных почв в степи развивает взгляды В. А. Ковды (1973), который обосновал необходимость разработки концепции о формах проявления и мерах предупреждения деструктивных процессов в почвенном покрове. Эта проблема в настоящее время приобрела особую актуальность, когда процессы деградации всё больше и глубже охватывают педосферу планеты.

Для экологов-почвоведов важнейшим является не только охрана почвенного покрова, но и приостановление его деструкции, управление почвообразовательным процессом, восстановление утраченного богатства и плодородия.

Антропотехногенные (Зонн, 1989) факторы резко усиливают локально-катастрофические сукцессии. Это проявляется в усилении эрозионных процессов, в загрязнении почвы выбросами, в интенсивной эксплуатации почвенного покрова при его использовании под промышленные объекты, под коммуникации, железные дороги и пр. При этом подвергается уничтожению растительный покров, животное население. Ожесточилось проявление пирогенного фактора (сжигание пожнивной стерни, травяного покрова на дорогах и в долинах рек, образование в лесах безжизненных территорий – «горельников», требующих рекультивации и др.).

Остановим внимание на нескольких характерных генетических типах почв, расположенных в границах Присамарского биосферного стационара. Почвы байрачных лесов характеризуются средне- или многогумусностью, гуматным кальциевым типом обмена, насыщенностью основаниями, нейтральной реакцией почвенного раствора.

Разрез № 107 расположен в средней трети склона в 20⁰ северо-западной экспозиции, на приступке. Грунтовые воды – с 1,6 м (за счет верховодки, образующейся в результате залегания водоупора).

Тип лесорастительных условий – суглинок влажноватый (СГ 2-3.).

Тип световой структуры – полутеневой.

Тип древостоя – 5Яс. об. ЗК. о. I Д. чер. I Л. м., возраст 45–50 лет, сомкнутость – 0,8, второй генерации, III ступени развития.

В подлеске – клен полевой (*Acer campestre* L.) отдельными фрагментами.

Тип леса – Дас 2-3, – влажноватая липово-ясеневая дубрава с широкотравьем.

Травяной покров мозаичный. Состоит из осоки черной (*Carex melanostachya* Bilb. ex Willd), копытня европейского (*Asarum europaeum* L.), купены (*Polygonatum multiflorum* (L.). Покрытие – 30 %. Лесная подстилка состоит из двух слабовыраженных горизонтов сплошного покрытия.

Макроморфологическое описание почвенного разреза

H₀ 0–1,5 см. Лесная подстилка состоит из слабовыраженных горизонтов, рыхлая, фрагментарная.

Hel 0–22 см. Темно-серый влажный делювиальный суглинок зернистой структуры, рыхлый, крупнопористый, выщелоченный, с признаками лессиважа.

Hil₁ 22–42 см. Темно-серый, влажный, крупнозернистой структуры, суглинок тяжелый, уплотненный, корненасыщен, заметна вмытость илистых частиц.

Hil₂ 42–76 см. Темно-серый с бурым оттенком, сырой, столбчатой структуры, суглинок тяжелый, оглинистый, корненасыщен. Хорошо выражена иллювиальность. Переход четкий.

Ph 76–104 см. Темно-бурый слабогумусированный горизонт, без выраженной структуры, уплотненный, слабокорешковат. Переход в следующий горизонт четкий.

P 104–150 см. Бурый, мокрый, оглеенный, бесструктурный горизонт. При подсыхании цементируется. С глубины 98 см встречаются новообразования из CaCO₃ в виде журавчиков. Корни растений отсутствуют. Переход выражен отчетливо.

Pgl 150–200 см. Материнская порода светло-бурая. На воздухе темнеет. Оглеенный слой представляет собой водоупор. С глубиной количество новообразований из CaCO₃ возрастает. Разрез заполняется водой глубиной от 200 см за счет верховодки.

Микроморфологическое описание почвенного разреза

По своей окраске верхние горизонты (рис. 1, а) темно-серого цвета с постепенным переходом в бурый в нижних горизонтах. Минеральный скелет насыщен крупными зернами кварца 0,5–0,6 мм. Много роговой обманки, замаскированной в гумусовых пленках. Полевые шпаты разбросаны во всей почвенной массе в виде частиц размером 0,1–0,2 мм. Зерна эпидота, циркона, обломочных форм размером 0,05–0,04 мм, что свидетельствует о хорошей окатанности. Плазма по своему составу неоднородна (рис. 1, б). Гумусо-глинистая плазма темно-серого цвета. В ней очень много гумонов размером 5–6 мм, бурой окраски, круглой формы в виде маленьких точек во всей почвенной массе. Кое-где в нижних горизонтах преобладают гумоны в скоплениях. Элементарное микростроение почв этого разреза из песчано-плазменного переходит в песчано-пылевато-плазменное.

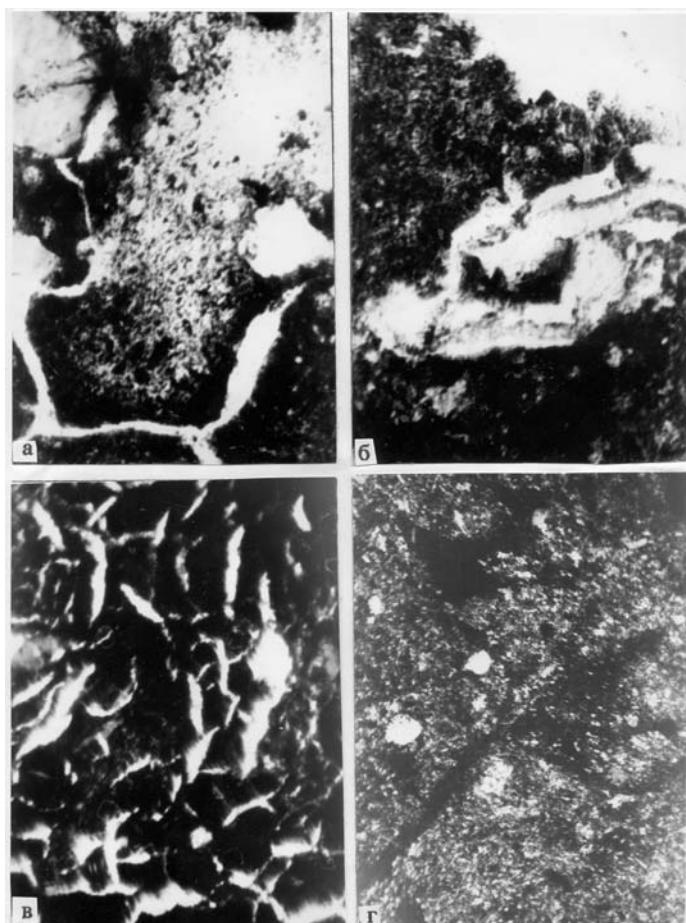


Рис. 1. Микроморфологическое строение почвы ПП-107:

а – гор. 0–15 см, $\times 80$; б – гор. 40–60 см, $\times 80$;
в – гор. 104–150 см, $\times 80$; г – гор. 150–200 см, $\times 80 + \text{ник.}$

В верхних горизонтах очень много пор и трещин. Поры округлые и овальные, замкнутые. Биопоры каналовидной формы с расширениями. Трещины появляются в горизонте 104–150 см, где процесс оглеения вызывает уплотнение почвы (рис. 1, в). Структурные отдельности почв (агрегаты) присутствуют в верхних горизонтах до глубины 60 см (рис. 1, а), состоящие в основном из микроагрегатов размером 0,25–0,20 мм.

Имеются копролиты дождевых червей. Органическое вещество почвы представлено разложившимися и полуразложившимися остатками корней древесной и травянистой растительности. В верхних горизонтах выражено внутриклеточное

строительство корневых остатков с содержанием клеток бурого цвета, расположенных рядами.

В нижних горизонтах (рис. 1, г) встречаются новообразования из CaCO_3 различных размеров, от журавчиков до зерен размером 0,3–0,5 мм.

Почва – чернозем лесной, среднелессивированный, оглеенный, средневышелоченный, малогумусный, среднесуглинистый на делювиальных лессовидных суглинках. Вскрепление – с 98 см.

Разрез № 109 расположен в тальвеге балки. Грунтовые воды – с 250–300 см.

Тип лесорастительных условий – суглинок влажный (СГ_3).

Тип световой структуры – теневой.

Тип древостоя – 1Д. ч. 4 И 2 В 2 К.о. 1 Л.м. Возраст деревьев – 35–40 лет, сомкнутость – 0,8, второй ступени развития. Кустарниковый подлесок состоит из бересклета европейского (*Eyonymus europaea L.*), бузины черной (*Sambucus nigra L.*), сомкнутость – 0,3–0,5.

Тип леса – ДС_3 – влажная липо-ильмовая дубрава со снытью.

Травяной покров состоит из сныти обыкновенной (*Aegopodium podagraria L.*), крапивы двудомной (*Urtica dioica L.*).

Лесная подстилка отсутствует под действием смыва и высоких темпов минерализации.

Макроморфологическое описание почвенного разреза

H_0 – Отсутствует в результате смыва и активной минерализации.

H_{e1} 0–60 см. Темно-серый, ореховато-мелкозернистой структуры, свежий суглинок слаболессивированный, тяжелый, мелкопористый, без новообразований, обильно корненасыщен. Переход – по нарастанию плотности.

H_{pi} 60–100 см. Темно-серый, ореховато-зернистой структуры, свежий суглинок, тяжелый, плотнее предыдущего. Переход – по изменению цвета.

Phi 100–150 см. Темно-серый с бурым оттенком, свежий, зернистой структуры, уплотненный.

$P(h)$ 150–200 см. Бурый, подкрашенный затеками гумуса в виде языков, суглинок, тяжелый, плотный, малокорешковат, без новообразований.

Микроморфологическое описание почвенного разреза

Темно-серой окраски. Верхний горизонт насыщен зернами полевого шпата, кварца, пылеватых и более мелких фракций. Много зерен, погруженных в глинистую массу. Имеются зерна зеленого цвета роговой обманки. Размер их колеблется в пределах 0,05–0,02 мм. Зерна первичных минералов хорошо окатаны, сохранили угловато-обломочную форму. Поверхность кварца с наличием царапин. Окраска плазмы в этом горизонте (рис. 2, а) бурого цвета. Гумусо-глинистая плазма зависит здесь от гумонов, рассеянных в общей массе почвы. Размер их в основном от 0,5 до 0,6 мм. По своей форме они разнообразны – от круглой и овальной до продолговатой. С продвижением в нижнюю часть профиля гумус переходит в бесформенную массу, в которой не различаются частицы и скопления. Элементарное микростроение – песчано-плазменное (рис. 2, б). Пустоты занимают в верхних горизонтах 25–28 %, а в нижних – 10–15 % от всей площади шлифа. Поры округлые, овальные. Их размер колеблется в пределах 0,07–0,09 мм. Каналовидные поры – с расширениями (рис. 2, г). В верхних горизонтах стенки пор уплотнены, так как это ходы почвенных простейших.

Структурные отдельности сложены, в основном, из агрегатов, которые, в свою очередь, состоят из микроагрегатов. В верхнем горизонте очень много копролитов. В нижних горизонтах происходит заметное уменьшение копролитов и представителей почвенной мезофауны. Встречаются коллемболы, экскременты энхитреид. Органическое вещество представлено гумусом в виде аморфной массы, окрашенной в бурые тона (рис. 2, в). Растительные остатки встречаются очень редко, в основном разложившиеся, которые не сохранили клеточного строения. Новообразования не обнаружены.

Почва – лугово-лесная, слаболессивированная, сильно выщелоченная, среднегумусная, тяжелосуглинистая на аллювиально-делювиальных суглинистых отложениях. Вскрепление отсутствует.

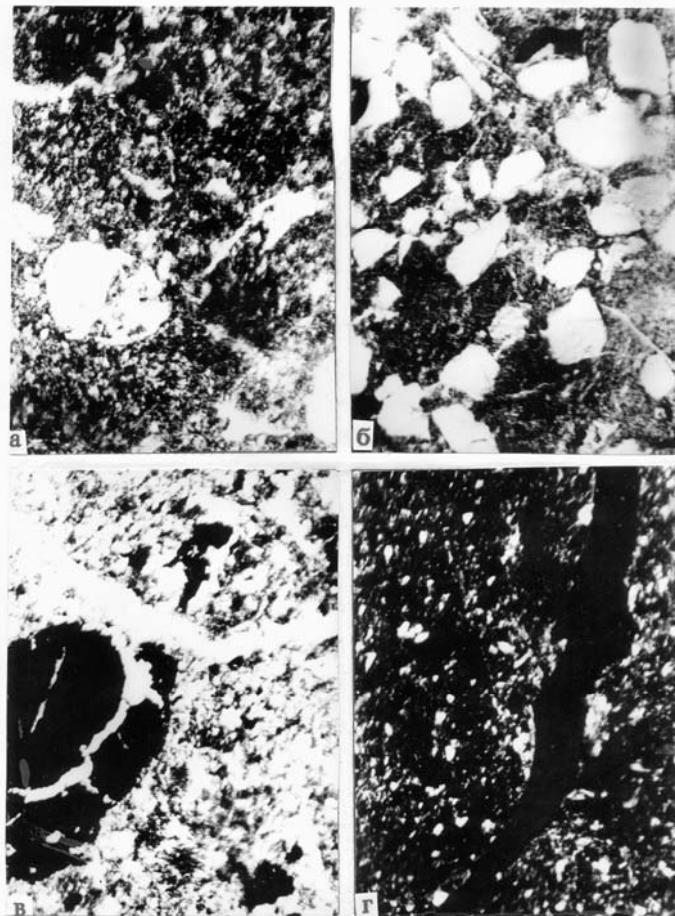


Рис. 2. Микроморфологическое строение почвы ПП-109:
а – гор. 0–20 см, х 80; б – гор. 20–30 см, х 80;
в – гор. 60–70 см, х 80; г – гор. 50–60 см, х 80 + ник.

Разрез № 111 расположен в средней трети склона в 13^0 южной экспозиции.
Грунтовые воды – после 9 м.

Тип лесорастительных условий – суглинок свежий (СГ_2).

Тип световой структуры – полутеневой.

Тип древостоя – 5Яс. об. 2К. о. 1К. п. 1Л. м. 1Д. ч. возраст – 40 лет, сомкнутость – 0,8, второй генерации, III ступени развития.

Тип леса – Дас₂, свежая липо-ясеневая дубрава со звездчаткой.

В подлеске – клен полевой (*Acer campestre* L.), сомкнутость – 0,3. Травяной покров – фрагментарный. Покрытие – 40–60 %. Состоит из звездчатки злаколистной (*Stellaria graminea* L.), лазера трехлопастного (*Laser trilobum* (L.) Borkh.), перловника высокого (*Melica altissima* L.).

Макроморфологическое описание почвенного разреза

H_0 0–12 см. Лесная подстилка рыхлая, фрагментарная, однослойная, полуразложившаяся.

H_{01} 0–13 см. Темно-серый, свежий, мелкозернистой структуры, слаболессивированный суглинок, рыхлый, обильно корненасыщен.

H_1 13–48 см. Темно-серый, ореховато-зернистой структуры, уплотненный суглинок. Обильно корешковат.

H_{21} 46–106 см. Темно-серый суглинок, свежий, мелкозернистой структуры, уплотненный. Корешковатость резко уменьшается.

РН 106–200 см. Делювиальный, темно-серого цвета, хорошо гумусированный суглинок. Четкого различия от предыдущего нет. Структура выражена слабо.

Вскипание по всему профилю отсутствует.

Микроморфологическое описание почвенного разреза

Темно-серой окраски. С продвижением вниз по профилю приобретает более темный цвет.

Минеральный скелет представлен зернами полевого шпата, кварца, эпидот цоизитовых минералов (рис. 3, а).

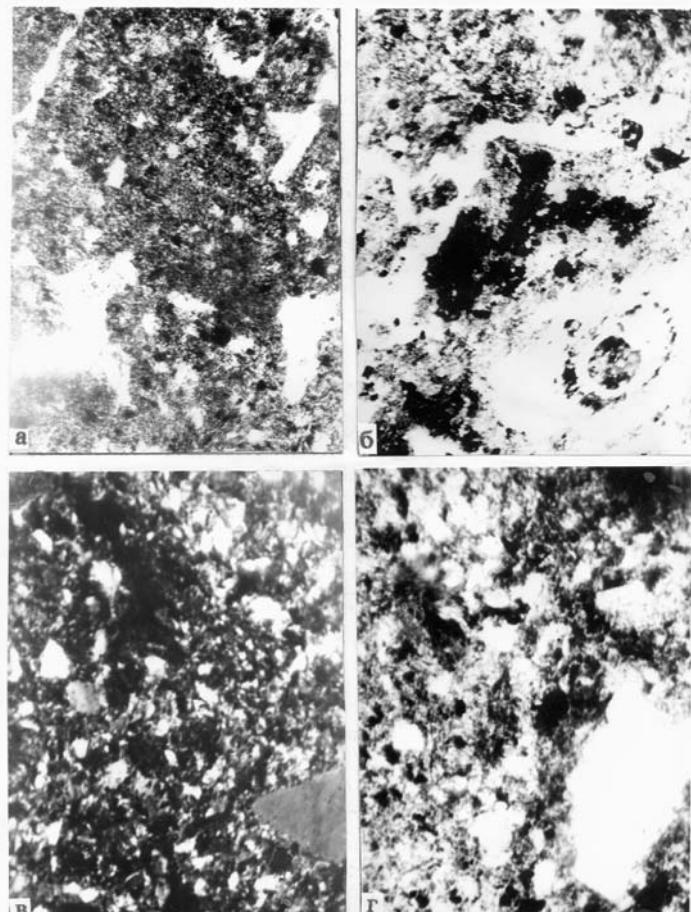


Рис. 3. Микроморфологическое строение почвы ПП-111:

а – гор. 0–20 см, х 80; б – гор. 40–50 см, х 80;
в – гор. 40–50 см, х 80; г – гор. 80–100 см, х 80 + ник.

Встречаются зерна граната, размер зерен 0,15–0,16 мм, зерна роговой обманки зеленоватого цвета в верхних горизонтах. Бесцветные полевые шпаты и цоизит. По своей форме большинство зерен скелета имеет окатанную форму, размер колеблется в пределах 0,04–0,05 мм. У полевых шпатов совершенная спайность, а у кварца она вообще отсутствует.

Плазма гумусо-глинистая. Бурые и буровато-черные образования размером 0,3–0,4 мм (гумоны) рассеяны во всей почвенной массе (рис. 3, б), микростроение почв песчано-пылеватое, зерна 0,1 мм во всей массе верхних горизонтов (рис. 3, в).

Порозность в верхних горизонтах 26–45 % от всей площади шлифа.

В нижних горизонтах заметно уплотнение, количество пор составляет 10–12 %. В межпоровом пространстве имеются растительные остатки, полуразложившиеся и разложившиеся, придающие горизонту бурую окраску. Округлые, продолговатые, в

верхнем горизонте неправильной формы (рис. 3, а). Агрегаты сложные. Размер микротретов – 0,03–0,4 мм. В нижних горизонтах резко уменьшается количество растительных остатков. Имеются полностью разложившиеся мумифицированные скопления.

Эксременты почвенной мезофауны почернели, мумифицировались, распались на составляющие их частички полуразложившегося органического материала. Это говорит об активности почвенной фауны и является диагностическим признаком в определении форм гумуса в почве (рис. 3, г).

Почва – чернозем лесной, сильно выщелоченный, слаболессивированный, малогумусный на делювиальных среднесуглинистых отложениях.

Здесь, в хорошо оструктуренных гумусовых горизонтах, происходят процессы, обеспечивающие расширенное воспроизведение почвообразования, профиль дифференцирован на элювиальный и иллювиальный горизонты.

На водоразделах формируются чернозёмы обыкновенные среднегумусные, среднесуглинистые, слабовыщелоченные; в долинах рек – аллювиальные пойменные луговые, лесо-луговые, лугово-лесные, лесо-луговые солончаковатые, лесо-луговые солонцеватые, лесо-лугово-болотные, болотные, песчаные дерново-степные, песчаные дерново-бровые и др.

В пределах любой ботанико-географической зоны на водоразделах формируются фитоценозы, наиболее полно отражающие господствующий тип растительности и слагающиеся из типичных для данной зоны ценоморф. Такие хорошо организованные фитоценозы с цельным монолитным типом обмена А. Л. Бельгард (1971) назвал моноценозами. Моноценоморфические ценозы можно выделить также среди экстра и интразональных типов растительности.

Наряду с моноценозами растительный покров изобилует группировками, которые характеризуются смешением различных типов растительности: остеинённые луга, остеинённые леса, заболоченные леса, заболоченные луга, опустыненные степи и др. Такие растительные группировки, где происходит сопряженность двух-трёх различных круговоротов веществ автор называет амфиценозами. Как указывает А. Л. Бельгард (1971, с. 48) «...расхождение между путями биологического круговорота леса и степи необходимо рассматривать в пространстве и во времени. Эта разница будет уменьшаться в направлении лесостепной зоны и, наоборот, возрастать в направлении полупустыни». Такая концепция согласуется с точкой зрения Н. М. Сибирцева (1914, с. 377), который в своем первом учебнике «Почвоведение» (1914) отмечает, что «... причиной, отделившей лесные почвы от черноземных, является результат расхождения почвообразования ...».

Проектируя взгляды Бельгарда (1951, 1970) на генезис лесных почв в степи возникает вопрос о монопедонах и амфипедонах, о географическом и экологическом соответствии вида почвообразования условиям формирования и положения почвы на траектории филоценогенеза данного биогеоценоза. Экоморфонный анализ почвенно-го горизонта и профиля в целом рассматривается в зависимости от климата, космических (тепло и свет) и наземных (пища и вода) факторов, материнской и подстилающей породы, биоты. Почвенный покров состоит из генетически неоднородных педонов, которые, в свою очередь, могут объединяться в полипедоны (системы) – своеобразные популяции, из которых складывается генетический тип почвы.

Монопедоны характерны для моноценозов – устойчивых биогеоценозов, которые развиваются на основе единого биологического круговорота. Амфипедоны – это почвенные совокупности, которые совмещают в себе сложноналагаемый (амфиценотический) тип эволюции, где в результате расхождения биологических круговоротов возникает почва гетерогенного характера (остепненные леса, остеиненные луга, олуговевшая степь и т. д.).

Знание моноценотичной целостности БГЦ или степень процессов совмещения (замещения) необходимы для прогнозов эволюции и генезиса лесных почв, которые довольно надежно диагностируются микроморфологическими приемами, когда химический анализ может дать лишь общий состав вещества в виде имперической формулы химических соединений. Хорошо известно, что один и тот же состав химических

соединений, наполняя ту или иную структурную организацию почв в итоге дает совершенно различный почвообразовательный эффект.

Следуя логике познания причин лесного почвообразования, С. В. Зонн (1989) разделил причины эволюции почв на две группы. Первая группа характеризует непрерывно-нормальный тип эволюции. Второй группе присущ прерывистый, сменяющийся воздействием на почвы растительных формаций – сложно-налагаемый тип эволюции. В первом случае развитие почв происходит в условиях однотипности круговорота веществ и энергии, не выходящего за пределы своего типа почвообразования. Во втором случае происходит смена одного типа почвообразования другим под влиянием эволюции свойств почв, определяемой сменой растительности.

Проведенное микроморфологическое изучение почв даёт возможность глубже и достовернее дать оценку воздействию многочисленных факторов окружающей среды, которые положительно или пагубно влияют на эколого-биологические процессы, протекающие в лесных почвах степи.

Неодокучаевская парадигма И. П. Герасимова (1975), успешное ее развитие в тропическом почвоведении С. В. Зонном (1986) стало приоритетным при решении сложных дискуссионных проблем и одновременно убедительно подтверждает, что роль почвы в функционировании биогеоценозов является определяющей. Это не только часть физической среды, в которой развиваются растения, но также важнейший канал, по которому поступают вода и необходимые элементы питания. При отсутствии настоящей почвы в искусственных условиях (гидро-, аэропоника) эти функции все равно выполняются ее заменителями. Соответственно, почвенный фактор (в обоих аспектах: и как отдельный фактор, и как среда, влияющая на проявление других факторов) должен в числе первых учитываться при разработке математических программных алгоритмов, описывающих развитие растительных популяций.

При наличии математической модели, информация о свойствах конкретного участка почвенного покрова позволит, хотя бы в первом приближении, предсказать, как будет развиваться та или иная растительность на указанной территории, какие культуры целесообразнее создавать на данном участке, какие макро- и микроэлементы желательно внести в почву для успешного развития насаждений и т.п.

Входными параметрами «почвенного блока» имитационной компьютерной программы станут данные о гранулометрическом составе почвы, ее тепловом, солевом, водном и воздушном режимах, кислотности, мощности почвенного и гумусового слоя, поглотительной способности, содержании элементов питания и т.д. Безусловно, данные о почве должны быть обработаны в комплексе с экологическими характеристиками рассматриваемой растительной популяции. Ключевой является информация о принадлежности популяции к определенной экоморфе, согласно учения А. Л. Бельгарда (1950), о ее потребностях в элементах минерального питания, о характеристиках корневой системы и т.п. Естественно, должен быть проведен строгий отбор включаемых параметров, так как излишнее количество переменных может перегрузить модель, что приведет к недостоверности получаемых результатов.

Как уже отмечалось, почвенные характеристики находятся в нетривиальной связи с другими характеристиками среды, и это требует применения очень специфических математических алгоритмов. Каждый из таких внешних факторов, как тепло и свет, воздух, вода и питательные вещества, влияет на растения не только непосредственно, но и через почву. С другой стороны, водный и температурный режимы воздействуют на физико-химические свойства почвы.

Предложенная многофакторная модель, включающая большое число аргументов и характеризующаяся внутренними нелинейными связями, должна применяться только в виде современного программного продукта. Компьютерная имитация может значительно облегчить работу почвоведов-экологов, занимающихся исследованием воздействия меняющихся экологических условий на биогеоценозы. В данной статье мы кратко рассмотрели лишь некоторые насущные проблемы лесного почвообразования в степи. Отряд микроморфологов Комплексной экспедиции по исследованию лесов степной зоны Днепропетровского национального университета им. Олеся Гончара пришел к выводу, что в последние десятилетия процессы деградации, деформа-

ции, омертвления почвенного покрова не только не сократились, а наоборот, приобретают часто катастрофический характер, что требует принятия срочных мер, разработки общеукраинской программы по сохранению степных и лесных чернозёмов. Для этого необходимо усиление подготовки специалистов почвоведов-экологов, укрепление почвенных лабораторий оборудованием, реактивами, увеличение числа лабораторий микроморфологии почв как необходимой составляющей в развитии теории и практики лесного почвоведения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Адерихин П. Г.** Влияние лесной растительности на черноземы / П. Г. Адерихин, А. Л. Бельгард, С. В. Зонн, И. А. Крупенников, А. П. Травлеев // «Русский чернозем. 100 лет после Докучаева». – М. : Наука, 1983. – С. 117-126.
- Бельгард А. Л.** Лесная растительность юго-востока УССР / А. Л. Бельгард. – К. : КГУ, 1950. – 265 с.
- Бельгард А. Л.** Степное лесоведение / А. Л. Бельгард. – М. : Лесн. пром-сть, 1970. – С. 48.
- Білова Н. А.** Екологічна мікроморфологія і динаміка едафотопів лісових біогеоценозів степової зони України / Н. А. Білова : Автoreферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук. – м. Чернівці. – 2000. – С. 9-11.
- Бронникова М. А.** Кутанный комплекс текстурно-дифференцированных почв / М. А. Бронникова, В. А. Таргульян. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2005. – 198 с.
- Вильямс В. Р.** Собрание сочинений / В. Р. Вильямс. – Т. 8. Почвоведение и агрохимия. – М. : Госиздсельхоз, 1951. – С. 280-305.
- Иенни Г.** Факторы почвообразования / Г. Иенни. – М. : Изд-во Иностр. лит-ры, 1948. – С. 27, 324.
- Герасимов И. П.** Опыт генетической диагностики почв СССР на основе элементарных почвенных процессов / И. П. Герасимов // Почвоведение. – 1975. – № 5. – С. 3-9.
- Димо Н. А.** Почвы Молдавии, задачи их изучения и главнейшие особенности / Н. А. Димо. – Кишинев, 1953. – С. 25-30.
- Добровольский Г. В.** Сохранение почв как незаменимого компонента биосфера / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. – М. : Наука, 2000. – 185 с.
- Докучаев В. В.** Избранные сочинения / В. В. Докучаев. – Т. III. – М. : Госиздсельхоз, 1949. – С. 97.
- Лозе Ж.** Толковый словарь по почвоведению / Ж. Лозе, К. Матье. – М. : Мир, 1998. – 398 с.
- Зонн С. В.** Тропическое почвоведение / С. В. Зонн. – М. : Изд-во Университета дружбы народов. – 1986. – С. 110-112.
- Зонн С. В.** Географо-генетические аспекты почвообразования, эволюции и охраны почв / С. В. Зонн, А. П. Травлеев. – К. : Наук. думка, 1989. – С. 86.
- Зонн С. В.** Памяти выдающегося почвоведа США – Г. Иенни / С. В. Зонн // Почвоведение. – 1993. – № 7. – С. 113-115.
- Карпачевский Л. О.** Экологическое почвоведение / Л. О. Карпачевский. – М. : ГЕОС, 2005. – 337 с.
- Ковда В. А.** Основы учения о почвах / В. А. Ковда. – Т. I. – М. : Наука, 1973. – 447 с.
- Корнблюм Э. А.** Основные уровни морфологической организации почвенной массы / Э. А. Корнблюм // Почвоведение. – 1975. – № 9. – С. 36-49.
- Таргульян В. О.** Проблема эволюции почв в Докучаевском почвоведении / В. О. Таргульян, Ф. И. Козловский, Н. А. Караваева, А. Л. Александровский // 100 лет генетического почвоведения. – М. : Наука, 1986. – С. 104-117.
- Сибирцев Н. М.** Избранные сочинения / Н. М. Сибирцев. – Т. II. – М. : Изд-во с.-х. литер., 1953. – С. 49-69.
- Сибирцев Н. М.** Почвоведение / Н. М. Сибирцев. – СПб., 1914. – С. 377.
- Соколов И. А.** Почвообразование и экогенез / И. А. Соколов. – М., 1997. – 244 с.
- Чернышенко В. С.** Моделирование конкурентного взаимодействия экоморф: использование топологических методов / В. С. Чернышенко // Грунтознавство. – 2008. – Т. 9, № 3-4. – С. 136-142.

Надійшла до редколегії 10.03.10

ЕКОЛОГІЧНЕ ГРУНТОЗНАВСТВО

UDK 574

A. Farooqui¹, S. M. Hussain², J. Srivastava¹, S. Arikesan²

PICHAVARAM ESTUARY AND ADJOINING WETLAND, TAMIL NADU, INDIA: POLLEN AND NON-POLLEN REMAINS IN THE SEDIMENT – A MODERN PALYNOFACIES ANALYSIS

¹*University Road, India*

²*University of Madras, India*

Variation in the preservation of biotic forms in the modern estuarine sediments between the Vellar and Coleroon river (Tamil Nadu), particularly, Pichavaram mangrove area has been studied in ecological perspective. Surface sediment (13 stations) and sub-surface core samples (8 stations) up to a depth of 65 cm were selected for the study. Organic matter are preserved in relatively silty to clayey sand sediments which constitute plant debris, pollen/spores, fresh water algal matter, fungal remains, dinoflagellate cysts, thecamoebians, foraminifera, tintinnids and radiolarian lorica remains. The percentages of these vary during pre and post-monsoon periods and also in sub-surface shallow sediment cores indicating three distinct ecological zones. Palynological and thecamoebian evidences in surface sediments between Vellar and Coleroon coastal wetland reveal water runoff parallel to the shoreline. Increase in water salinity (~32 to 40 ppt) and 5–10 ppt in the aqueous soil solution particularly in the eastern seaward part of Pichavaram estuary as compared to the western and southern part was recorded. The sub-surface sediment up to 65 cm depth show an abundance of thecamoebians and other terrestrial palynomorphs indicating low salinity and more fresh water run off in the past. Increased salinity in the back waters and surface sediment is alarming which is likely to affect the true mangroves (*Rhizophoraceae*) giving way to salt-tolerant mono-specific plants like *Avicennia* and *Suaeda*.

Keywords: Biotic forms, sediment deposition, India, Mangroves, Pichavaram, Tamil Nadu.

А. Фарооки¹, С. М. Хусsein², Дж. Сривастава¹, С. Арикесан²

¹*Дорожный университет, Индия*

²*Университет Мадраса, Индия*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО ПАЛИНОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В УСТЬЕ РЕКИ ПИЧАВАРАМ (ТАМИЛ НАДУ, ИНДИЯ) И ПРИЛЕГАЮЩИХ ЗАБОЛОЧЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

В работе рассматривается вариант сохранения биотических форм в осадочных отложениях в дельте между реками Веллар и Колерун (Тамил Наду), в частности территории мангровых насаждений в устье реки Пичаварам. Для изучения были выбраны поверхностные осадочные породы (13 месторасположений) и подземные – на глубине 65 см (8 месторасположений). Органическое вещество сохранено в относительно заиленном, до степени глинистого песка, отложении, которое представлено обломками растений, пыльцой/спорами, веществом пресноводных водорослей, грибковыми остатками и др. Процентное содержание этих веществ отличается в период до муссона и после него, а также в зависимости от экологической зоны, которых в подземном мелководном осадочном слое выделяют три. Данные палинологических исследований поверхностных отложений между прибрежными зонами рек Веллар и Колерун указывают на сток воды к береговой линии. Было зарегистрировано увеличение солёности воды (32–40 ч. на тыс.) и 5–10 ч. на тыс. в водном почвенном растворе, в частности в восточной части устья Пичаварам. Подземные осадочные отложения, взятые на глубине 65 см, показали обильное содержание наземных палиноморфов, что указывает на низкую степень солености и больший сток пресной воды в прошлом.

Увеличение солености вод и поверхностных отложений вызывает опасения. Оно может повредить произрастающим здесь мангровым деревьям (*Rhizophoraceae*), которые будут заменены солеустойчивыми растениями, такими как *Avicennia* и *Suaeda*.

Ключевые слова: биотические формы, осадочные отложения, Индия, мангровые деревья, Пичаварам, Тамил Наду.

А. Фароокі, С. М. Хуссеін, Дж. Срівастава, С. Арікесан

¹Дорожній університет, Індія

²Університет Мадраса, Індія

**ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНОГО ПАЛІНОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ
ОСАДОВИХ ВІДКЛАДІВ У ГИРЛІ РІЧКИ ПІЧАВАРАМ (ТАМІЛ НАДУ, ІНДІЯ)
ТА ПРИЛЕГЛИХ ЗАБОЛОЧЕНИХ ТЕРИТОРІЙ**

У роботі розглядається варіант збереження біотичних форм у осадових відкладах у гирлі між річками Веллар та Колерун (Таміл Наду), зокрема території мангрових насаджень у гирлі річки Пічаварам. Для дослідження були обрані поверхневі осадові породи (13 місцерозташувань) та підземні – на глибині 65 см (8 місцерозташувань). Органічна речовина збереглася у відносно замуленому, до ступеня глинистого піску, відкладі, яке представлене обломками рослин, пилком/спорами, речовиною прісноводних водоростей, грибковими залишками та ін. Відсотковий вміст цих речовин відрізняється від мусону та після, а також залежно від екологічної зони, яких у підземному мілководному осадовому шарі виділяють три. Данні палінологічних досліджень поверхневих відкладів між прибережними зонами рік Веллар та Колерун вказують на стік води до берегової лінії. Було зареєстровано збільшення вмісту солей у воді (32– 40 ч. на тис.) та 5–10 ч. на тис. у водному ґрунтовому розчині, зокрема у східній частині гирла Пічаварам. Підземні осадові відклади, взяті на глибині 65 см, показали значний вміст наземних паліноморфів, що вказує на низький вміст солей та великий стік прісної води у минулому. Збільшення вмісту солей та поверхневих відкладів викликає занепокоєння. Воно може пошкодити справжнім мангровим деревам *Rhizophoraceae*, які будуть заміщені солестійкими рослинами, такими як *Avicennia* та *Suaeda*.

Ключові слова: біотичні форми, осадові відклади, Індія, мангрові дерева, Пічаварам, Таміл Наду.

Mangrove wetland is a multiple-use ecosystem, covering 8 % of the world's coast and 25 % of the tropical coastline. The interaction between marine and freshwater creates hydrodynamics unique to estuaries in which both the natural variation in freshwater inputs and the flood and ebb tidal flows are essential for maintaining estuarine health and mangroves in particular (Rao, 1974; Chapman, 1977). Mangrove forest with their unique ecological characteristics provide clue to ecological variability in the ecosystem (Ellison, 1989). These are intimately associated and influenced by the average sea level position and therefore indicate its variability through a time period. Frequent water runoffs in the estuary favor mangrove growth (Naskar, 1999) and therefore, are good indicators of monsoon intensity. The mangroves of India are recorded by number of workers (Naskar, 1999; Untawale, 1987). These respond opportunistically to habitat change induced by geomorphological processes that provide the basis for understanding the changes in the past and predict the possible trend in future.

Sands and muds in estuarine ecosystem are home to rich mangroves and abundant biota of prokaryotes like thecamoebians, ciliates, and various flagellates especially euglenids and dinoflagellates. Sedimentary records of biological communities are of great relevance in ecological studies since they provide the "key" to interpret past environmental conditions. Thus, the type of organic matter deposition and its preservation in an ecosystem provides a clue to ecological status that supports its biological fabric. The estuarine ecosystem which is conducive for the growth and proliferation of mangroves largely depends on the fresh water run off and the tidal influx. The shoreline demarcating the Pichavaram estuary in Tamil Nadu is wave dominated and the growth/ erosion of the sand spit running parallel to the shoreline shows seasonal opening and closing of the river mouths, thus affecting the ecological status of the estuary. This is one of the sites along the east coast of India that harbours rich mangrove diversity but the recent statistics shows many of the threatened and endangered mangrove species. In order to evaluate the recent

developments/changes in the Pichavaram ecosystem, this study elucidates the biotic assemblage in surface and sub-surface sediments supported by geochemical parameters. The study provides a modern analogue of organic matter facies in a set of known climate, geomorphology, ecology and vegetational set up in Pichavaram and adjoining estuarine ecosystem between the Vellar and Coleroon Rivers.

STUDY AREA

All along the coast of Cauvery delta, the dominant action of waves and coastal currents induce the formation of a sand bar (Ahmad, 1972). The Pichavaram mangroves located between latitude 11°22'N to 11°32'N and longitude 79°45'E to 79°49'E, constitute north-eastern part of Coleroon river delta and is about 15 km north of Chidambaram, Cuddalore District, Tamil Nadu. The southern part is an abandoned delta exhibiting a network of palaeochannels (Babu, 1991; Ramasamy, 1991). The eastern part of the Pichavaram estuary is separated from the Bay of Bengal by N-W trending sand barrier (Ramasamy, 1991). The estuary is aligned parallel to the shoreline in the NW-SE direction which is typical in wave dominated shoreline. The estuary connects the Vellar and Coleroon estuaries in the north and south, respectively by intricate waterways spreading over an area of about 1000 ha mangrove swamp consisting of 51 islets, ranging in size from 0.01 to 2 km² colonized by 13 species of mangrove. Pichavaram mangrove biotope is influenced by the mixing of neritic water from the Bay of Bengal, brackish water from the Vellar and Coleroon estuarine system and freshwater from the irrigation channel called the Khan-Sahib canal which links the Pichavaram estuary and mangroves. The constituents of the deltaic plain between the Vellar and the Coleroon river are fluvial channel sands and inter-distributary silts and muds and sand ridges alternating with silty flats, beach sands associated with estuarine muds and mud flats. The wetland is criss-crossed by hundreds of back water channels known as Killai back waters (Kil= narrow channels).The depth of the waterways ranges from about 0.1 m to 2 m which increases from 1 to 3.5 m during rainy season. The tide is micro and diurnal, and amplitude during the spring and the neap tide is about 42 and 20 cm, respectively. The area receives about 70 % of the average rainfall through north-east monsoon. The climate is sub-humid, warm summers (< 30°C) and annual average rainfall is 120 cm (~56 days yr⁻¹). It is one of the dominant features of the tropical coastline where salinity undergoes constant variation due to freshwater flow that is enhanced during monsoons and where the substratum is composed of accumulated deposits of sediments.

MATERIALS AND METHODS

In order to study the preservation of biotic forms in the modern sediments of Pichavaram mangrove area between the Vellar and Coleroon river (north-south adjoining areas) about 13 surface and 8 subsurface (Stations- St.C1 to St.C8 cores) sediments (Fig.1) were collected. The surface samples were collected twice in a year representing pre-monsoon (June, 2004) and post-monsoon (February, 2005) periods, which accidentally happens to be pre-tsunami and post-tsunami events. The core samples were collected from the mangrove area which was, further sub-sampled for analysis at intervals as shown in Fig. 3. Core samples have been collected through the routine and standard PVC pipe injection method.

Ten-gram soil sample was treated with KOH followed by HF until the silica was dissolved. The residue was acetolysed following (Erdtman, 1943) and finally brought to 5ml volume. The residue obtained after passing through 600 mesh size (<15µm) was studied under high power light microscope (Olympus BX-52). The qualitative and quantitative study of pollen/spores, plant tissue, algal and fungal remains, dinoflagellate cysts, foraminifera linings and thecamoebians have been documented as percentage values of about more than 200 count. Sand, silt and clay fractions in the sediment were estimated by the pipette method (Krumbein, 1938; Trefethen, 1950) nomenclature has been used for soil texture. The salinity (ppt) and conductivity (mS cm⁻¹) was estimated using Thermo-Orion 5-star conductivity probe. The total organic matter (TOM) and total carbonate content (TCC) in soil was estimated by combustion method at 550°C and 950°C, respectively (Bergtsson, 1986).

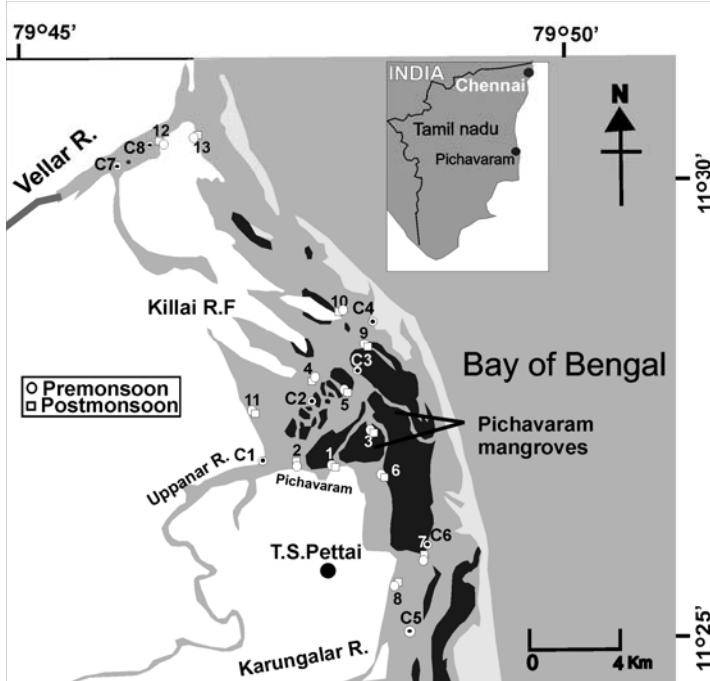


Fig. 1 – Location map of study area Pichavaram and adjoining areas

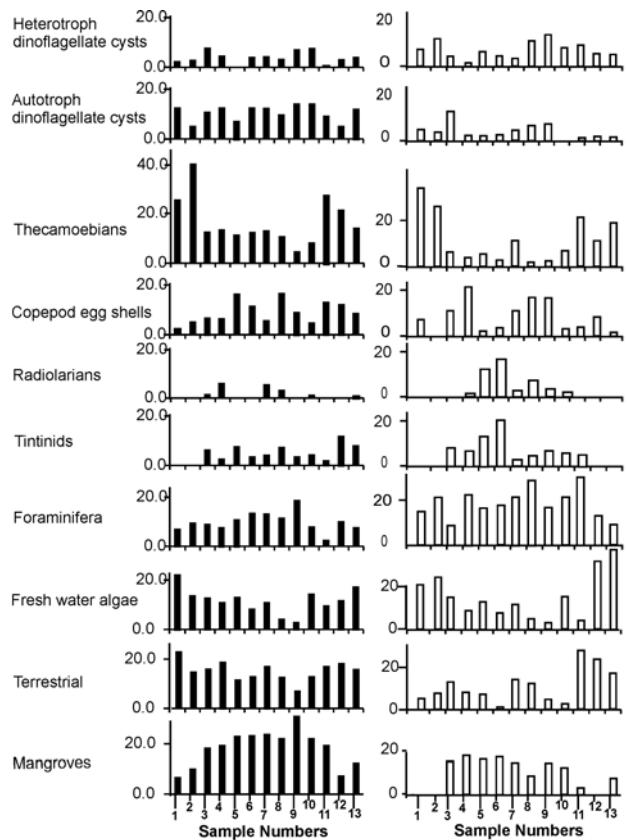


Fig. 2 – Percentage spectrum of pollen and non-pollen forms during premonsoon and post monsoon season in Pichavaram estuary and adjoining areas, Cauvery delta

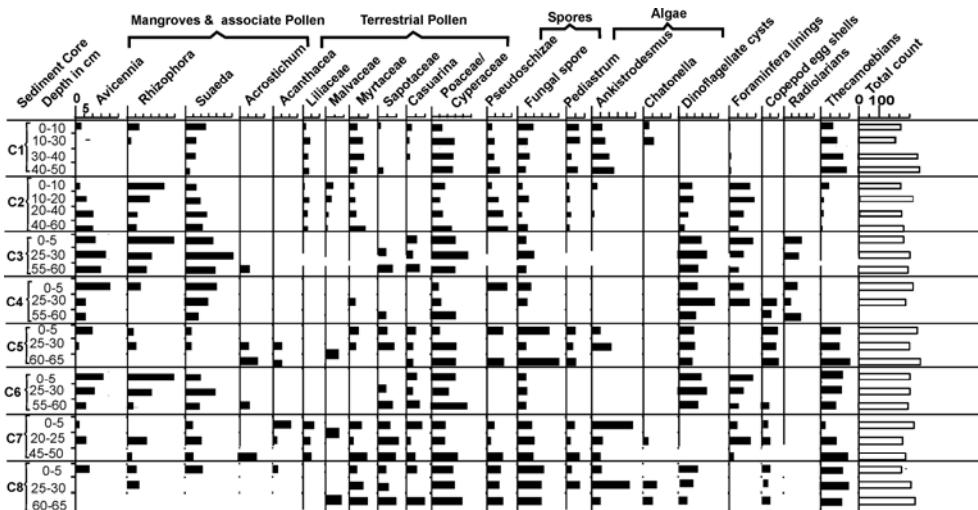


Fig. 3 – Pollen and non-pollen percentage spectrum in core sediments from Pichavaram estuary and adjoining areas (Each Div. 5 %)

Mangrove vegetation

The plant community-structure studies show that *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh is monospecifically dominant seawards whereas, *A. officinalis* L. dominates the landward area. The back water channels are lined by luxurious thin line of *Rhizophora apiculata* Bl. and *R. mucronata* Lam., stray areas of *R. lamarckii* Montr. along with ground vegetation dominated by *Suaeda nudiflora* Moq. followed by *S. maritima* (L.) Dumort. and *S. monoica* Forssk.. Out of these *S. nudiflora* is adapted to highly saline substrate (Farooqui, 2009). Other plants recorded from this area are *Acanthus ilicifolius*, *Aegiceras corniculatum*, *Bruguiera cylindrica*, *Ceriops decandra*, *Excoecaria agallocha*, *Lumnitzera racemosa*, *Salicornia brachiata*, *Sesuvium portulacastrum*, *Sonneratia* spp. and *Xylocarpus granatum*.

Palynology

On the basis of palynological analysis three Zones could be demarcated (Z-I, Z-II & Z-III). Zone I (surface samples- 1 to 8 and sub-surface cores -C2, C3, C5, C6) constitutes main Pichavaram estuarine area where lush green true mangroves (Rhizophoraceae) occupy the fringes of backwater channels. Zone II (surface samples- 9, 10 and sub-surface core – C4) is the seaward eastern part of the estuary where the mangroves are less developed although seedlings of *Rhizophora* could be seen frequently because of ongoing reforestation programme. Patches of *Avicennia* and peripheral *Suaeda* bushes are common intermixed in between white salty patches. Zone III (surface samples- 11,12, 13 and sub-surface cores – C7, C8) is the landward estuary area.

Premonsoon (surface sediment)

Zone-I comprises of silty-sand sediment and the total organic carbon ranges from $2.2\% \pm 0.2$. The salinity ranged from 15-20 ppt in water. However, the aqueous solution of soil-water interface sediment shows salinity ranging from 3-4 ppt. An increased percentage of fresh water heterotrophs such as thecamoebians (13 to 40 %) like *Centropyxis aculeata*, *C. arcelloides*, *Arcella megastoma*, *A. vulgaris*, *A. excavata*, *Trigonopyxis arcuata*, *Trinema* species, *Cyclopyxis kahii* and *Nebela barbata* followed by low percentage (4 to 9 %) of foraminifera linings of *Ammonia* and *Elphidium* (Fig. 3). These samples also show moderate percentage of fresh water algae (10 to 17 %) like *Ankistrodesmus* and *Pediastrum*. Sediment from stations 5 and 8 show high percentage of brackish water-freshwater to marine heterotrophs like foraminifera (9–18 %) such as *Ammonia*, *Epistominella*, *Cribroelphidium*, *Trochammina*, *Valvulinaria*, *Cyclamina* and *Elphidium*.

The autotrophic dinoflagellate cysts like *Impagidinium*, *Lingulodinium* and *Spiniferites* show high frequency (5- 13.8 %) in Z-I at all the stations (Fig.2) as compared to heterotrophs (4 to 7.5 %) like *Protoperidinium* type and lorica remains of *Tintinopsis* and Radiolarians (1.5%). Results show thecamoebian abundance in the apex of the Pichavaram estuary (Z-I) fed by Uppanar and the Khan Saheb Canal. The similar forms of Foraminifera and dinoflagellate cysts were also recorded in Z-II at stations 9 & 10. High percentage of *Rhizophora*, *Avicennia* and *Suaeda* pollen (17%) followed by Poaceae, Cyperaceae, Liliaceae, Palmae, Cocos, Acanthus, Clerodendron, Syzygium, Eucalyptus, Malvaceae, Mangifera, Madhuca, Casuarina, Sapotaceae and Combretaceae (26%) were also recorded. Among the mangroves, although *Avicennia* is present in abundance but the pollen grain in the sediments is underrepresented (6%). However, the pollen grains of *Suaeda* are overrepresented (22%) followed by *Rhizophora* pollen (9%). Low percentage of *Pediastrum* and *Ankistrodesmus* (2%) were recorded in these samples. The sediment in Z-II is clayey sand to sandy silt in some places and the salinity ranged from 35 to 40 ppt in water samples and 5-10 ppt in aqueous soil solution of the sediment indicating increased salinity in the sea ward zone of Pichavaram estuary. Most of the barren patches are covered by white salts (Fig. 4) and the temperature here is unbearable to bare foot during daytime. The accretion of salt here is due to its translocation by capillary action during surface water



Fig. 4 – Pichavaram estuary and Adjoining Wetland, Tamil Nadu, India

evaporation. This indicates that the seaward land is exposed for longer duration allowing the salts to accumulate on the surface. Such a high salinity zone is vulnerable to true mangroves (Rhizophoraceae members). Increase in salinity would affect the reforestation programmes in and around Z-II. The high percentage of fresh water thecamoebians and low percentage of marine forms like foraminifera linings and dinoflagellate cysts were recorded in Z-III (fed by Vellar and Karungalar rivers).

Post monsoon (surface sediment)

As compared to pre-monsoon the ecosystem during post-monsoon period supported low foraminifera community (*Ammonia* and *Elphidium* species) and absence of *Tintinids* and *Radiolarian* remains in Z-I and Z-II. This could be due to increased turbidity and high seaward thrust of fresh water. Dominance of autotrophic dinoflagellate cysts of *Spiniferites mirabilis* and other *Spiniferitis* spp. were recorded in all the stations. Comparatively other autotrophs like *Impagidinium* and *Lingulodinium* were in low percentage. Thecamoebians like *Cyclopyxis kahlii* and *Arcella megastoma* were low in percentage at all the stations in Z-I but show high percentage in sediments from Z-II and Z-III. The percentage of mangrove pollen was comparatively low. *Suaeda* pollen over-represent in Z-I. Low percentage of mangrove pollen but high percentage of terrestrial pollen taxa were recorded in Z-III. A comparative account of variability during pre and post monsoon is given in Fig.2.

Palynology (Shallow cores)

Station C1 (0-50 cm)

Station C1, is at the mouth of the Pichavaram estuary where it meets with the Uppanar river and the Khan Sahab canal. The sediment is silty sand (50-70% sand) and presently devoid of mangroves but small seedlings of *Rhizophora* and *Avicennia* bushes could be encountered perhaps due to an effort of reforestation process. The average TOM is 2.2% and TCC is 3.2 % in the upper 0-20cm sediment but shows low TOM (1.4%) and high TCC (4.8 %) in 20-50 cm depth samples. The palynological study shows moderate percentage of *Rhizophora*, *Avicennia*, *Excoecaria* (2%) and comparatively high percentage of *Suaeda* (8%) and poaceae/cyperaceae pollen in the surface sediment (0-20 cm). Absence of mangrove pollen at lower depths (20-50) and moderate percentage of terrestrial pollen like *Acacia* spp., *Casuarina*, *Clerodendron*, Combretaceae, *Excoecaria*, Lamiaceae, Liliaceae, Meliaceae, Myrtaceae, Palmae, Sapotaceae, *Shorea* and Solanaceae, along with the fresh water algae like *Ankistrodesmus*, *Botryococcus* were recorded (Fig.3). The result reveals reduction in terrestrial pollen taxa along with the evidences of mangrove distribution near this station during the recent years. Thecamoebians like *Centropyxis aculeata*, *C. aerophila*, *Cyclopyxis kahlii*, *Arcella megastoma*, *A. vulgaris*, *Trigonopyxis arcula*, *Nebela barbata* and *N. militaris* were present throughout in the core which indicate low salinity and very fluctuating stressed environment.

The location of this core is in the middle of the Pichavaram estuary situated 4.5 km away from the sea mouth with large area covered by *Avicennia officinalis*, *Suaeda nudiflora* and *S. monoica*. But *Rhizophora apiculata*, *R. mucronata* occurred in scattered groups occupying fringes of back-water channels. Mangroves show luxuriant growth in this region. Besides *Aegiceras corniculatum*, *Ceriops decandra* and *Excoecaria agallocha* were also present. Palynological study reveals low percentage of *Rhizophora* but high percentage of *Avicennia* and *Suaeda* pollen in samples from 20-60 cm along with the high percentage of shallow water indicators like *psuedoschizae* (cysts of unknown lineage). Comparatively, foraminifera linings (*Ammonia* species) and dinoflagellate cysts (*Spiniferites* spp.) too show a reduction (Fig.3). The average TOM is 1.2% and TCC is 4.3 % at this depth. The upper 0-20cm sediment show high TOM (2.4%) and low TCC (1.8 %) along with the high percentage of *Rhizophora* and *Suaeda* species suggesting increase in *Rhizophora* plants during the recent years as compared to the recent past where salt tolerant *Avicennia* and *Suaeda* dominated in shallow saline ecosystem. High percentage of *Spiniferitis*, *Lingulodinium*, *Bitectodinium*, *Nebela barbata* and other *Nebela* species along with the presence of *Cyclopyxis kahlii* and few Centropyxids indicate eutrophic conditions and high organic matter productivity.

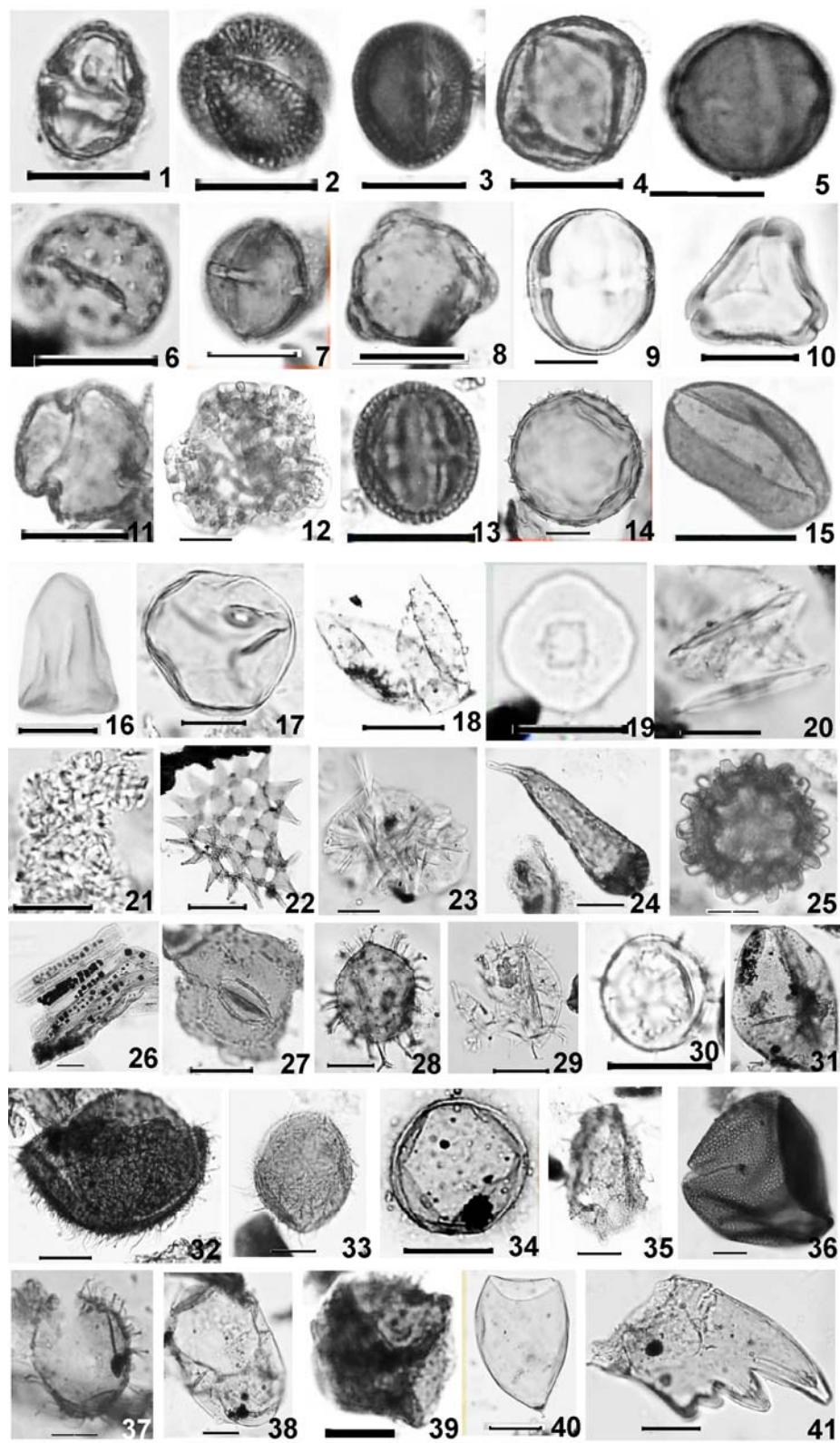


Fig. 5. Palynology

Station C2 (0-60 cm)

Core No. – C3 (0-60 cm)

Dense mangrove cover is found in this region. Besides *Avicennia officinalis*, *A. marina*, *R. apiculata*, *R. mucronata*, *R. lamarckii*, *Ceriops decandra*, *Aegiceras corniculatum*, *Excoecaria agallocha*, *Suaeda monoica*, *Suaeda maritima* and *S. nudiflora* were also present. Palynological study of the sediment reveals high percentage of *Suaeda* and *Avicennia* pollen at the lower depth as compared to high *Rhizophora* pollen in the surface sediment indicating favourable conditions for the growth of *Rhizophora* in the present day state of ecology. Increase in Rhizophoraceae pollen preserved in the surface sediment could be attributed to recent conservation and extensive efforts of afforestation programmes in Pichavaram estuary. However, pollen grains of *Aegiceras*, *Excoecaria* and *Sonneratia* were not recorded in the sediments despite the occurrence of its plants in Pichavaram estuary. The TOM in the entire core ranged from 2.1 to 2.6 % and TCC ranged from 0.5 to 0.9 %. Presence of foraminifera linings mainly *Ammonia* type, Radiolarian remains and dinoflagellate cysts such as *Impagidinium*, *Spiniferites* and *Bitectodinium* represent the surface samples. However absence of fresh water algae like *Ankistrodesmus*, *Botryococcus* and thecamoebians like *Centropyxis* & *Arcella* species (Fig. 3) indicate more tidal flushing and seaward saline ecosystem.

Core No. – C4 (0-60 cm)

The sediment in this station is silty sand with poor mangroves although plantation of small seedlings of *Rhizophora* could be seen. Pockets of *Avicennia* and *Suaeda* plants were encountered in slightly raised surface of sandy land along the water channels. Patches of salty surface, devoid of vegetation is common in this part (Fig.3). Deposition of salts on the surface reveals that the substrate is generally exposed for longer duration facilitating high rate of water evaporation leaving behind the salts that have accumulated due to capillary action. Palynological study in the sediments from this station shows high percentage of Poaceae/Cyperaceae, fungal spores at the lower depth and dinoflagellate cysts like *Spiniferites mirabilis*, *Impagidinium aculeatum*, *Bitectodinium spongium*, *B. tepikiensis* and *Lingulodinium* species in the surface sediment indicating more marine influence (seaward zone) and low fresh water runoff. High per cent of salt tolerant *Suaeda* followed by *Avicennia* pollen in the surface sediment reveal high salinity zone.

Core No. – C5 (0-65 cm)

The sediment in this station is sandy silt and rich in TOM (2.7%). The TCC was low (0.9%). Absence of mangrove pollen at lower depths and moderate percentage of terrestrial pollen like *Casuarina*, Myrtaceae, *Excoecaria*, Sapotaceae, Meliaceae, Solanaceae, Combretaceae, Liliaceae and Palmae along with the fresh water algae like *Ankistrodesmus*, *Botryococcus* and Thecamoebians like *Centropyxis aculeata*, *Arcella megastoma*, *A. vulgaris*, *Trigonopyxis* and *Nebela* species all indicate very fluctuating stressed environment. The top sediments show high percentage of Rhizophoraceae pollen followed by *Excoecaria*, *Avicennia* and *Suaeda* with rare occurrence of other mangrove associates. The *Excoecaria* and terrestrial pollen taxa show a decrease in surface sediment.

Core No. – C6 (0-65 cm)

The sandy silt sediment from 0-5cm depth shows high percentage of both *Rhizophora* and *Avicennia* pollen along with *Suaeda* but at lower depth these are reduced (Fig.3). Foraminifera linings of *Ammonia* spp. indicate brackish water ecology at this depth and, fresh water algae like *Pediastrum* and *Botryococcus* show fresh water input. Species of *Centropyxis*, *Cyclopyxis* and *Arcella* were recorded throughout in the core suggesting regular influx of fresh water that diffused the salinity favouring thecamoebians (Fig.3). Terrestrial pollen show low percentage. The average TOM in 0-5cm depth is high (2.4%) as compared to deeper sediment from 20-60cm depth. The average TCC in the entire core is 0.7 %.

Core No. – C7 (0-50 cm)

The sediment in the entire 0-50cm core is clayey sand. The TOM was low (1.1 %) and TCC was high (1.4%). High percentage of terrestrial pollen and very low percentage of Rhizophoraceae pollen followed by Chenopodiaceae were recorded along with fungal and

algal spores throughout in the core. Fresh water algal forms like *Pediastrum*, abundant *Ankistrodesmus* and thecamoebians comprising of *Arcella megastoma*, *A. vulgaris*, *Centropyxis aculeata*, *Trinema* and *Trigonopyxis* species were recorded but shows absence of dinoflagellate cysts both in surface and sub-surface sediment. Results indicate a depositional environment influenced by fresh water influx. Although occurrences of copepod egg shells along with the increase in mangrove pollen and *Suaeda* species at 20-25 cm depth points to a shorter span of increased marine depositional environment. High percentage of copepod egg shells, stray foraminifera linings of *Epistominella*, *Cribroelphidium* and *Trochammina* along with the Dinoflagellate cysts of *Bitectodinium* at 45-50 cm indicate estuarine to marginal marine forms which could have been transported landwards during the 2004 Tsunami and survived due to increased salinity after the event.

Core No. – C8 (0-65 cm)

The sediment is clayey sand and the TOM ranges from 1.1 to 1.4% in the entire core. The TCC ranges from 0.5 to 0.8 %. The deeper sediment (25-30 cm) show high percentage of Sapotaceae, Myrtaceae, Malvaceae pollen taxa along with the fresh water algal matter (Fig.4). Foraminifera linings, dinoflagellate cysts and few radiolarian remains were present in this core at 60-65 cm depth similar to as in Core C7. However foraminifera linings and dinoflagellate cysts decrease in percentage in upper 0-30 cm samples. These surface core samples show increase in mangrove pollen and reduction in terrestrial pollen.

DISCUSSION

Abiotic variability in the ecosystem during pre and post monsoon is suggested to disrupt biological controls (Bakun, 2003) that allow drastic changes in phytoplankton community structure and the mangrove zonation. Besides the tidal influence, the fresh water influx during the monsoon period from August to October plays a major role responsible for ecological fluctuations in the Pichavaram estuarine ecosystem. Results show high percentage of autotrophic and heterotrophic dinoflagellate cysts, foraminifera and thecamoebians indicating a considerable input of nutrients through precipitation and terrigenous sources during the monsoon period. The central part of the study area comprised of Pichavaram reserve mangrove forest (Z-I) is a stabilized ecosystem exhibiting a similarity in mangrove zonation favouring true mangroves like *Rhizophora* species in the permanently inundated lowlying areas fringing the back water channels followed by *Avicennia* and *Suaeda* species in highland (30-50 cm height) areas. The surface sediment in this zone reveal under representation of pollen grains of *Avicennia* followed by *Suaeda* and *Rhizophora* pollen. However, the highlands in Z-II are exposed to evaporation for most of the time during the year whereby, the salinity increases due to upward translocation of salts through capillary action. This zone constitutes salt-tolerant *Avicennia-Suaeda* community interspersed by white patches of salt-covered barren land. The pollen grains of *Suaeda nudiflora* characterized by suaedoid type of anatomy dominate here as compared to *S. maritima* and *S. monoica* characterized by austrobassiod type of anatomy (Fisher, 1997).

The increase in *Spiniferites mirabilis* during postmonsoon in most of the studied samples may be linked to an increase in anthropogenic eutrophication of coastal waters and increased load of nutrient concentrations of phosphate, and nitrate which has been documented earlier (Harland, 1983; Turon, 1984). A gradual increase in nitrate concentration and simultaneously decrease in dissolved oxygen (Anderson, 2002) often lead to dysoxic or anoxic depositional environment. Such a condition in the studied area perhaps favoured good preservation of organic matter in muddy, clayey/silty sediment. Study reveals that Z-I is sheltered and stable estuarine area fed by intermittent fresh water. While ecology in Z-II is more influenced by high salinity due to restricted fresh water influx, Z-III are influenced by intermittent mixing of fresh water and tidal water exhibiting fluctuating ecology that often creates stressed conditions for biotic forms particularly indicated by thecamoebians (Centropyxids).

Thecamoebians that dwell in fresh water ecosystem are highly sensitive to frequent changes in salinity in river mouths/estuarine areas (Patterson, 2002). Thecamoebian abundances increase with nutrient level and low salinity in the estuary, as observed in the Z-I and ZIII in the studied area. Therefore, it is evident that at present the water runoff between Vellar and Coleroon wetland is almost lateral running parallel to the shoreline favouring true mangroves in brackish water ecosystem. The Z-II in the Pichavaram estuary shows salinity more than 35 ppt (max. 39 ppt) in water and more than 10 ppt in the sediment soil solution suggesting low water runoff in the area. The luxuriant growth of mangroves is observed in water salinity ~22 ppt (Kathiresan, 2002) bestowed with either high annual direct precipitation and/or high surface water runoff from upland watersheds (Kathiresan, 1996).

At present no fresh water is discharged from the Vellar River into the Pichavaram mangrove wetland (Selvam, 2003) but it is the major source of saline water incursion into the mangroves. High percentage of foraminifers, tintinnids, radiolarians and dinoflagellate cysts recorded in Z-III do indicate sea water influx. It is inferred that due to the growing sand spit parallel to the coastline, the closure of river mouth during most of the time in the year near Chinnavaikal is restricting the water runoff in the eastern part of Pichavaram estuary inducing highly saline conditions (39 ppt) which in future may not be beneficial for true mangroves. At present monospecific patchy growth of *Avicennia* species lined by *Suaeda nudiflora* in its periphery is observed among barren patchy salty dry substrate with highest salinity (~35-39 ppt) unsuitable for any type of vegetation. Results from deeper sub-surface core samples reveal high percentage of terrestrial pollen taxa at lower depths indicating terrigenous input from open type of sparse hinterland vegetation. However, a gradual decrease in thecamoebians and terrestrial pollen grains in the surface samples as compared to the deeper sediments indicate reduction in fresh water input inducing increase in salinity.

Thecamoebian abundances reveal that the sub-rivers like Uppanar and Karungalar rivers along with the Khan Saheb canal drain fresh water in Z-1 and Z-III particularly during monsoons. As compared to the surface sediment, the sub-surface core samples show high percentage of fresh water thecamoebians indicating more fresh water input in the near past which has reduced in the recent years. Mangrove degradation in recent years have been reported earlier (MoEF, 1987) attributing it to diminishing fresh water inflow and increasing salinity. The water sample collected from most of the back water channels constituting Pichavaram mangroves show salinity greater than 32 ppt (parts per thousand) which reaches to about 39 ppt in Z-II. The beach area is under erosion in many places and spits are observed near Coleroon and Uppanar mouth. Mudflats are observed in between mangrove vegetation in the hightidal, intertidal and subtidal zone (Krishnamoorthy, 1997). These are associated with less wave energy zones and constitute salt-tolerant *Avicennia-Suaeda* plants. Sparse stunted and degraded mangroves are present on these mudflats near mouth of Vellar river, bank of Uppanar and Near Coleroon riverbank which are gradually increasing in area indicating reduced water runoff. As a result nearly 5.93 sq. km, of this wetland are occupied by halophytic vegetation like *Suaeda nudiflora*, 2.63 sq. km by barren mud flats and 12.38 sq. km by barren high saline soil. Of this, the mangrove wetland occupies only 11.00 sq.km., comprising the entire mangrove vegetation located in the middle portion of the Vellar-Pichavaram-Coleroon wetland which has been declared a reserved forest by the Department of Forest, Government of Tamil Nadu. Dominance of salt-tolerant vegetation (*Avicennia-Suaeda*) interspersed between barren salty substrate all along the east coast is an alarming situation.

CONCLUSIONS

1. Fresh water thecamoebians dominate in the landward Z-I and Z-III suggesting water runoff parallel to coastline.
2. The brackish water-freshwater ecology suitable for mangroves is in Z-I and Z-III which constitute the Pichavaram mangroves. However, the salinity of water samples is

greater than 32 ppt. attributed to restricted fresh water discharge and also closure of sea water inlet during most of the time in the year.

3. Highly saline Z-II is seawards near the mouth indicating restricted fresh water flow through the present river mouths due to growth of the sand spit parallel to the shoreline. Salt pans are fast developing in this zone intermixed with *Avicennia*- *Suaeda* scrubs.

4. Palynological study reveals underrepresentaion of *Avicennia* pollen in the surface sediment despite the abundance of these plants in the area. *Suaeda* pollen is overrepresented followed by *Rhizophora* pollen. *Excoecaria* pollen was comparable to its present day cover. Other mangrove pollens are absent despite its presence in the area.

5. The geomorphology of the river mouth and sedimentation process accompanied by fresh water discharge in the coastal wetland play a vital role in mangrove protection and conservation.

ACKNOWLEDGEMENTS

JS is thankful to DST, New Delhi for financial support as JRF and AF to Director Birbal Sahni Institute of Palaeobotany for providing laboratory facilities. SMH and SA express thanks to Dr.S.P.Mohan, Professor and Head, Department of Geology, University of Madras, Chennai for his support and encouragement and granting permission for a collaborative research work.

REFERENCES

- Ananda Rao, T., A.R.K. Sastry.** 1974. An ecological approach towards classification of coastal vegetation of India II. Estuarine Border Vegetation. 7: 438-452.
- Chapman, V.J.,** 1977. Wet coastal ecosystems In "Ecosystems of the world I" Elsevier, Amsterdam.
- Tomlinson, P.** 1986. The Botany of Mangroves. Cambridge University Press.: 1- 419.
- Ellison, J.C.** 1989. Pollen analysis of mangrove sediments as sea level indicator: assessment from Tongatapu, Tonga. Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology. 74:327-341.
- Naskar, K R., R. Mandal.** 1999. Ecology and Biodiversity of Indian Mangroves. Vol II DAYA Publishing House India, 574 pp and 164 photoplates.
- Untawale A.G.** 1987. Conservation in Indian mangroves. A National Perspective, In: Rao, T. S.S., R. Natarajan., B.N. Desai., G. Narayanaswamy., S.R. Bhat (Eds) Special Collection of papers to felicitate Dr. S Z Qasim on 60th Birthday. : 85-104.
- Ahmad, E.** 1972. Coastal Geomorphology of India, Orient Longman, New Delhi. :1-222.
- Babu, P.V.L.P.** 1991. Cauvery Delta-Its Past and Present. Memoirs Geological Society of India. 22: 91-101.
- Ramasamy, S.M.** 1991. A Remote sensing study of river deltas of Tamil Nadu. Mem. Geol. Soc. of India, 22:75-89.
- Erdtman, G.** 1943. An Introduction to pollen analysis, Chronica Botanica Co., Waltham Mass, US.
- Krumbein, W.C., F.J. Pettijohn.** 1938. Manual of Sedimentary Petrography, New York, D. Appleton Century Co. Inc., :1-549.
- Trefethen, J.M.** 1950. Classification of sediments, Amer. Jour. Sci., 248:55-62.
- Bergtsson, R., Magrus, E.** 1986. Chemical analysis. In: Hand Book of Holocene Palaeobiology and Palaeohydrology, BE. Burgland (Editors) Publs. John Wiley and Sons Ltd.:423-451.
- Farooqui, A., Srivastava, J., Hussain, S.M.** 2009. Comparative Leaf Epidermal Morphology and Foliar Na:K Accumulation in *Suaeda* species: A Case Study from Coastal Ecosystem, India. Phytomorphology 59 (3 & 4), 102-111.
- Bakun, A., K.Broad.** 2003. Environmental 'loopholes' and fish population dynamics: comparative pattern recognition with focus on El Nino effects in the Pacific. Fish. Oceanogr. 12: 458-473.
- Fisher, D.D., Schenk, H.J., Thorsch, H. J., Thorsch, J.A., Ferren, W.R.** 1997. Leaf anatomy and subgeneric affiliations of C3 and C4 species of *Suaeda* (Chenopodiaceae) in North America, American Journal of Botany, 84: 1198-1210.
- Harland, R.** 1983. Distribution maps of Recent dinoflagellate cysts in bottom sediments from the North Atlantic Ocean and adjacent seas. Paleontology 26 (2): 321-387.
- Turon, J.L.** 1984. Direct land/sea correlations in the last interglacial complex. Nature 309: 673-676.

- Anderson, D.M., P.M. Glibert., J.M. Burkholder.** 2002. Harmful algal blooms and eutrophication: nutrient sources, composition and consequences. *Estuaries* 25: 704-726.
- Patterson, R.T., Kumar, A.** 2002. A review of current testate rhizopod (thecamoebian) research in Canada. *Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoeco.* 180: 225-251.
- Kathiiresan, K.** 2002. Why are mangroves degrading? *Current Science*, Vol. 3 (10): 1246- 1249.
- Kathiiresan, K., N. Rajendran., G.Thangadurai.** 1996. Growth of mangrove seedlings in intertidal area of Vellar estuary southeast coast of India. *Ind. J. Mar. Sci.*, 25: 240–243.
- Selvam V., K. K. Ravichandran, L. Gnanappazham., M. Navamuniyammal** 2003. Assessment of community-based restoration of Pichavaram mangrove wetland using remote sensing data *Curr. Sci.*, 85(6):794-798.
- MoEF** (1987) ‘Mangroves in India–Status report Ministry of Environment and Forest Government of India, New Delhi, 1-150.
- Krishnamoorthy R.** 1997. ‘Managing Mangroves in India’ *GIS Asia Pacific June/July issue* : 26-29.

Надійшла до редакції 14.04.10

ФІЗИКА ҐРУНТІВ

УДК 631.445.9: 631.43 (477.75)

Н. Е. Опанасенко

ВОДНО-ФІЗИЧЕСКІ СВОЙСТВА СКЕЛЕТНИХ ПЛАНТАЖИРОВАННЫХ ПОЧВ СТЕПНОГО И ПРЕДГОРНОГО КРЫМА

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр УААН

Детально изучены водно-физические свойства южных и обыкновенных предгорных черноземов, коричневых и аллювиальных карбонатных плантажированных почв различной степени скелетности и развитости профиля на элювиальных, элювиально-делювиальных и аллювиально-пролювиальных плиоцен-плейстоценовых отложениях степного и предгорного Крыма.

Ключевые слова: скелетные почвы, почвообразующие породы, водно-физические свойства, мелкозем.

М. С. Опанасенко

Нікітський ботанічний сад – Національний науковий центр УААН

ВОДНО-ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СКЕЛЕТНИХ ПЛАНТАЖОВАНИХ ҐРУНТІВ СТЕПОВОГО І ПЕРЕДГІРНОГО КРИМУ

Детально вивчено водно-фізичні властивості південних і звичайних передгірних чорноземів, коричневих і алювіальних карбонатних плантажованих ґрунтів різного ступеня скелетності і розвиненості профілю на елювіальних, елювіально-делювіальних і алювіально-пролювіальних плюоцен-плейстоценових відкладах степового і передгірного Криму.

Ключові слова: скелетні ґрунти, ґрунтотвірні породи, водно-фізичні властивості, дрібнозем.

М. Y. Opanasenko

Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center, UAAS

WATER-PHYSICAL FEATURES OF SKELETON TRENCHING SOILS IN STEPPE AND FOOTHILLS OF THE CRIMEA

Water-physical features of black southern and usual foothill, brown and alluvial carbonat trenching soils of different skeleton levels and profile development on eluvial, eluvial-deluvial and alluvial-proluvial pliocen-pleistocen deposits of steppe and foothills of the Crimea have been studied in detailed.

Keywords: skeleton soils, soil-forming rocks, water-physical features, pit-run fines.

В Степной и Предгорной зонах Крыма насчитывается около 460 тыс. га скелетных почв, которые приурочены к районам с благоприятными для плодовых культур и винограда климатическими условиями и являются резервом дальнейшего освоения их под сады и виноградники. В разное время скелетным почвам уделялось определенное внимание многих ученых, однако их знания о составе и свойствах почв базировались на исследованиях единичных разрезов и, как правило, без определения в почвах и почвообразующих породах количества скелета от объема почвогрунтов. Особенно мало изучены водно-физические свойства различных по степени скелетности черноземов, коричневых и аллювиальных почв на различных по генезису почвообразующих породах (Антипов-Каратаев, 1932; Гусев, 1968; Гусев, 1968а; Дзенс-

Литовская, 1970; Иванов, 1966; Иовенко, 1960; Каплюк, 1976; Кочкин, 1967; Полошицкий, 1987; Черноземы СССР., 1981).

Не установив водно-физические константы мелкоземистой части скелетных почв и степень их варьирования, невозможно определить агрономически важные их показатели: запасы мелкозема, гумуса, N, P, K, продуктивной влаги, скважность, воздухоемкость и другие составляющие плодородия, а также рассчитать время и нормы поливов, доз внесения органо-минеральных удобрений (Опанасенко, 2009). Устранение вышеназванных пробелов входило в задачу наших исследований.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований были черноземы южные и обыкновенные предгорные, коричневые и луговые аллювиальные слабогумусовоаккумулятивные глинистосуглинистые карбонатные плантажированные почвы садов и виноградников различной степени скелетности и развитости профиля на скелетных элювиальных, элювиально-делювиальных, аллювиально-пролювиальных отложениях, подстилаемых, как правило, плитами сарматских, меотических и понтических известняков и плиоцен-плейстоценовыми конгломератами на глубине 50–170 см.

Скелетность в процентах от объема почвогрунтов, объемная масса мелкозема определялись способом вырубки монолита металлическим квадратом 25×25 см по полметровым слоям на исследуемую глубину (Методические рекомендации., 1985). Почвы по степени скелетности и глбине залегания плотных подстилающих пород классифицировались на видовом уровне (Опанасенко, 2008). При полевых и лабораторных исследованиях почв использованы рекомендованные ГОСТом и ДСТУ методики. Водопроницаемость и наименьшую влагоемкость определяли методом рам, макроагрегатный состав – по Савинову, гранулометрический и микроагрегатный состав – по Качинскому, максимальную гигроскопичность – по Николаеву, удельную массу – пикнометрически (Вадюнина, 1961; Качинский, 1958; Методи аналізів., 1999; Якість ґрунту., 2007).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Гранулометрический состав мелкозема скелетных почв и почвообразующих пород средне- и тяжелосуглинистый и легко- и среднеглинистый крупнопылевато-иловатый. В почвах он в основном унаследован от почвообразующих пород и не зависит от степени скелетности почв и пород. В большинстве случаев глинистосуглинистый состав мелкозема был изначально присущ элювиям сарматских, меотических и понтических известняков и аллювиям-пролювиям переотложенных скелетно-мелкоземистых масс. Наибольшая выветрелость мелкозема присуща скелетным палеопочвам и красно-бурым глинам плиоцена, что обусловило большую их илестость (40–50 %) по сравнению с мелкоземом почв и почвообразующих пород четвертичного времени (ила 32–40 %). Исключением были коричневые скелетные почвы, в которых ила было больше, чем в красноцветных почвообразующих породах.

При выветривании и почвообразовании в почвах накапливается ил, уменьшалось содержание песка, пыли крупной и мелкой. Неблагоприятной в агрономическом отношении пыли средней было немного (5–15 %). Гранулометрический состав по содержанию всех фракций мелкозема в целом по всем изученным скелетным почвам хорошо сбалансирован. Очень тяжелые для корней растений или легкие, бедные физической глиной и илом слои встречались редко, о чем подробно изложено нами ранее (Опанасенко, 2010).

Все скелетные почвы характеризовались зернисто-порошко-комковатой морфологической структурой, а также агрономически благоприятной для корней растений микроструктурой с преобладанием фракций крупнее 0.01 мм (80–95 %). Микроструктура почв отличалась вполне удовлетворительной прочностью с небольшим содержанием свободного ила (2–7 %) и агрегатов менее 0.01 мм (5–20 %). Более подробно структурный состав скелетных почв рассмотрен нами ранее (Опанасенко, 2010).

На большей части исследованных территорий степного и предгорного Крыма мелкоземистая часть скелетных черноземов, коричневых и аллювиальных почв и почвообразующих пород характеризовалась рыхлым и уплотненным сложением (табл. 1). Более рыхлым мелкоземом был в более скелетных слоях, что достоверно проявлялось

Таблица 1

Показатели физических свойств различных по генезису, степени скелетности и развитости профиля карбонатных плантажированных почв и почвообразующих пород степного и предгорного Крыма

Почвенные виды	Слой, см; число определений, n	Объемная масса мелкозема, г/см ³	Удельная масса мелкозема	Общая порозность мелкозема, %
1. Чернозем южный на элювии известняков				
Мощный слабоскелетный	0-50; 31	1.38±0.13; 9*	2.58±0.04; 2	46±5; 11
	50-100; 31	1.45±0.12; 8	2.60±0.02; 1	44±5; 11
	100-125; 7	1.46±0.08; 5	2.62±0.02; 1	44±4; 9
Среднемощный слабоскелетный	0-50; 88	1.27±0.07; 6	2.55±0.05; 2	50±3; 6
	50-100; 56	1.35±0.07; 5	2.64±0.04; 2	49±3; 6
Маломощный сильноскелетный	0-65; 79	1.21±0.14; 12	2.56±0.06; 2	53±6; 12
2. Чернозем южный на элювии-делювии известняков				
Мощный среднескелетный	0-50; 30	1.14±0.02; 2	2.69±0.02; 1	58±1; 2
	50-100; 20	1.20±0.05; 4	2.68±0.03; 1	55±3; 5
	100-150; 20	1.30±0.07; 5	2.71±0.03; 1	52±2; 4
Мощный сильноскелетный	0-50; 39	1.15±0.07; 6	2.68±0.06; 1	57±4; 7
	50-100; 26	1.28±0.10; 8	2.69±0.02; 1	52±3; 6
	100-150; 26	1.32±0.07; 5	2.71±0.03; 1	51±2; 4
3. Чернозем обыкновенный на аллювии-пролювии древних речных террас				
Мощный слабоскелетный	0-50; 12	1.18±0.08; 7	2.60±0.02; 1	55±3; 5
	50-100; 12	1.24±0.06; 5	2.66±0.03; 1	54±3; 6
	100-150; 12	1.29±0.08; 6	2.73±0.02; 1	53±3; 6
Среднемощный сильноскелетный	0-50; 42	1.23±0.09; 7	2.65±0.02; 1	54±3; 6
	50-100; 42	1.27±0.05; 4	2.72±0.02; 1	53±2; 4
	100-110; 15	1.31±0.02; 4	2.73±0.02; 1	52±1; 2
4. Коричневая на элювии-делювии известняков				
Мощный среднескелетный	0-50; 21	1.14±0.05; 4	2.70±0.12; 4	58±3; 5
	50-100; 21	1.20±0.03; 3	2.73±0.08; 3	56±3; 5
	100-150; 21	1.26±0.08; 6	2.75±0.06; 2	54±3; 6
Среднемощный сильноскелетный	0-50; 15	1.20±0.09; 8	2.73±0.09; 3	56±4; 7
	50-90; 15	1.20±0.03; 3	2.75±0.08; 3	56±2; 4
5. Аллювиальная луговая на аллювии-пролювии пойменных речных террас				
Мощный сильноскелетный	0-50; 27	1.29±0.02; 2	2.65±0.14; 5	51±3; 6
	50-100; 27	1.25±0.02; 2	2.67±0.13; 5	53±3; 6
	100-180; 27	1.20±0.01; 1	2.73±0.08; 3	56±2; 6

Примечание. x ± σ; V – где x – среднее арифметическое; σ – квадратическое отклонение; V – коэффициент вариации.

в черноземах южных на элювии известняков ($r = -0.41$; $n=121$) и в черноземах обыкновенных предгорных на аллювио-пролювии древних речных террас и подгорных равнин ($r = -0.53$; $n=75$). Для других типов почв такой закономерности не установлено.

Степень варьирования объемной массы мелкозема всех почв и почвообразующих пород, а главное – гумусированного мелкозема плантажного слоя, где преимущественно сосредоточена корневая система плодовых деревьев и винограда, невысокая ($V=1-9\%$), что указывает на равномерность уплотняющих мелкозем природных и техногенных воздействий.

Высокая плотность сложения мелкозема ($>1.50-1.60 \text{ г}/\text{см}^3$), являющаяся критической для корней большинства подвоев плодовых культур и винограда (Иванов, 1998; Неговелов, 1985), была характерна, как правило, для бесскелетных или слабоскелетных средне- и легкоглинистых красноцветных плиоценовых отложений, в мелкоземе которых в сумме содержалось более 65 % мелкопылеватых и илистых частиц. Допустимые для корней деревьев и винограда значения объемной массы мелкозема ($1.45-1.55 \text{ г}/\text{см}^3$) были отмечены в черноземах южных слабоскелетных на глинистых красноцветных плиоценовых элювиальных продуктах выветривания понтических известняков (табл. 1). Причем такая плотность сложения мелкозема наблюдалась только в староплантажированных почвах (почти 20 лет), тогда как даже перед поднятием плантажа почва и почвообразующая порода были менее плотными. Это означает, что не только со временем и под давлением сельскохозяйственной техники происходила усадка почв, но и нарастающая с возрастом корневая система уплотняла не только плантажный слой, но и почвообразующую породу.

Общая порозность мелкозема изученных почв и почвообразующих пород в большинстве случаев превышала 50 %, но иногда в плотных слоях снижалась до 44 % (табл. 1). При насыщении мелкозема влагой до наименьшей влагоемкости воздухоемкость мелкозема составляла не менее 18 %, что на 7 % выше критической величины воздухоемкости для корней плодово-виноградных растений (Иванов, 1998; Неговелов, 1985).

Водные константы мелкозема всех изученных почв большими различиями с таковыми мелкоземистых почв соответствующих типов и подтипов не отличались (Гусев, 1968; Гусев, 1968а; Иовенко, 1960; Половицкий, 1987; Черноземы СССР., 1981). Максимальная гигроскопичность средне- и легкоглинистого мелкозема плантажного слоя была в пределах 9.4–10.8 %, тяжелосуглинистого – 8.1–9.3 %. В мелкоземе почвообразующих пород МГ в среднем составляла 9.6 % и 8.5 %, соответственно (табл. 2).

Определено, что в мелкоземе скелетных южных и обыкновенных предгорных черноземов, равно как и в почвообразующих породах при увлажнении мелкозема до НВ, половина влаги доступна для растений, а в коричневой и аллювиальной луговой почвах такой влаги 55 % (табл. 2).

Показатели НВ и доступной для растений влаги в мелкоземе скелетных почв такие же и несколько выше, чем в соответствующих мелкоземистых почвах (Гусев, 1968; Гусев, 1968а; Иовенко, 1960; Половицкий, 1987; Черноземы СССР., 1981). Эти показатели обязательно надо устанавливать, но для объективной оценки влагоемкости (влаговместимости) скелетных почв в целом и изучения динамики их влажности необходимо определять только запасы влаги в расчете на те или иные запасы мелкозема в корнеобитаемых слоях почвогрунтов.

Важно отметить, что полевая влажность мелкозема (в %) разных по степени скелетности почв различий почти не имела и не коррелировала с запасами мелкозема. Запасы влаги всегда были выше на менее скелетных и более развитых почвах и достоверно коррелировали с запасами мелкозема. Так, полевая влажность черноземов обыкновенных предгорных мощных слабоскелетных в черешневом саду была в среднем за 10 вегетационных периодов 20.6 % (за май, июнь, июль, август), а таковая на среднемощном сильноскелетном виде – 20.5 %, тогда как суммарные запасы влаги за эти годы составили 3477 мм и 2123 мм соответственно изученным почвенным видам.

Наилучшей водопроницаемостью отличались только черноземы южные тяжелосуглинистые и легкоглинистые различной скелетности и развитости профиля на элювии понтических известняков. Скелетные черноземы южные на элювии-делювии известняков, черноземы обыкновенные предгорные и коричневые почвы на аллюви-

ально-пролювиальных галечниковых отложений, а также аллювиальные почвы пойменных террас характеризовались излишне высокой и провальной водопроницаемостью (табл. 3).

Таблица 2

Показатели водных свойств мелкозема различных по генезису, гранулометрическому составу, степени скелетности и развитости профиля плантажированных почв и почвообразующих пород степного и предгорного Крыма

Почвенные виды	Слой, см	Максимальная гигроскопичность, %	Недоступная влага, %	Наименьшая влагоемкость, %	Диапазон активной влаги, %	Относительное содержание активной влаги, %
1	2	3	4	5	6	7
Чернозем южный карбонатный на элювии известняков (n=3)						
Легкоглинистый мощный	0-50	10.2	13.7	27.4	13.7	50
	50-100	9.5	12.7	23.5	10.8	46
	100-150	9.1	12.2	22.6	10.4	46
Тяжелосуглинистый среднемощный среднескелетный	0-50	9.3	12.4	25.2	12.8	49
	50-100	9.1	12.2	24.4	12.2	50
Тяжелосуглинистый маломощный среднескелетный	0-50	9.3	12.5	23.9	11.4	48
	50-70	8.8	11.8	22.8	11.0	48
Чернозем обыкновенный предгорный на аллювии-пролювии подгорных равнин (n=3)						
Среднеглинистый мощный среднескелетный	0-50	10.8	14.5	28.9	14.4	50
	50-100	10.5	14.1	25.2	11.1	44
	100-128	10.3	13.9	24.4	10.5	43

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
Легкоглинистый среднемощный сильноскелетный	0-50	10.9	14.6	29.0	14.4	50
	50-90	10.2	13.7	24.7	11.0	45
Коричневая на плиоценовом аллювии-пролювии известняков (n=3)						
Легкоглинистый мощный среднескелетный	0-50	9.6	12.9	27.8	14.9	54
	50-100	9.9	13.3	29.1	15.8	54
	100-150	8.6	11.5	26.7	15.2	57
Легкоглинистый мощный сильноскелетный	0-50	9.4	12.6	27.2	14.6	54
	50-100	9.6	12.9	28.2	15.3	54
	100-150	8.5	11.4	26.4	15.0	57
Аллювиальная луговая на аллювии-пролювии пойменных речных террас (n=3)						
Тяжелосуглинистый мощный сильноскелетный	0-50	9.6	12.9	30.2	17.3	57
	50-100	9.2	12.3	25.6	13.3	52
	100-150	8.3	11.1	24.9	13.8	55

Высокая водопроницаемость почв была характерна для более скелетных почв. Установлена достоверная прямая зависимость расхода воды за первый час наблюдений от скелета в профиле почвогрунта ($r=0.77$, $n=27$). С объемной массой мелкозема и количеством в нем ила корреляция отсутствовала, а со скважностью и физической глиной проявилась только тенденция к зависимости.

Таблица 3

Водопроницаемость различных по генезису скелетных плантажированных почв и почвообразующих пород Крыма в зависимости от физических свойств мелкозема (среднее по 3 площадкам на каждом почвенном виде)

Почвенные виды	Объемная масса мелкозема, г/см ³	Физическая глина, %	Ил, %	Расход воды за первый час опыта, мм
Чернозем южный карбонатный на элювии известняков				
Мощный слабоскелетный	1.33	63	32	318
Среднемощный среднескелетный	1.30	50	25	402
Маломощный сильноскелетный	1.21	53	24	354
Чернозем южный карбонатный на элювии-делювии известняков				
Мощный слабоскелетный	1.24	64	38	564
Мощный сильноскелетный	1.25	51	33	1410
Чернозем обыкновенный предгорный карбонатный на аллювии-пролювии древних речных террас				
Мощный слабоскелетный	1.23	64	47	618
Среднемощный сильноскелетный	1.27	57	29	1008
Коричневая карбонатная на аллювии-пролювии известняков				
Мощный среднескелетный	1.20	63	42	552
Среднемощный сильноскелетный	1.20	62	39	582
Аллювиальная луговая карбонатная на аллювии-пролювии пойменных речных террас				
Мощный сильноскелетный	1.24	51	27	1326

Высокая водопроницаемость скелетных почв в целом предопределялась не только скелетностью, но и почти закономерным изменением гранулометрического состава на более легкий вниз по профилю, а также большей или меньшей слоистостью мелкозема, обусловленной делювиальными и аллювиальными процессами. На таких почвах не отмечалось застоя дождевых и поливных вод. Очевидно, что при орошении садов необходимо соблюдать время поливов во избежание потерь воды, ориентируясь на представленные в табл. 3 величины.

ВЫВОДЫ

Южные и обыкновенные предгорные черноземы, коричневые и аллювиальные карбонатные плантажированные почвы различной степени скелетности и развитости профиля на элювиальных, элювиально-делювиальных и аллювиально-пролювиальных плиоцен-плейстоценовых отложениях степного и предгорного Крыма характеризуются в основном легкоглинистым и тяжелосуглинистым крупнопылевато-иловатым гранулометрическим составом мелкозема и хорошей его сбалансированностью по всем гранулометрическим фракциям, агрономически благоприятной макро- и микроструктурой, рыхлым и уплотненным сложением мелкозема, высокой его пористостью, воздухоемкостью и наименьшей влагоемкостью, наилучшей водопроницаемостью, но иногда излишне высокой и даже провальной.

Водно-физические константы мелкозема скелетных почв мало отличались от таковых бесскелетных зональных почв Крыма.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Антипов-Каратаев И. Н. Почвы Крымского государственного лесного заповедника и прилегающих местностей / И. Н. Антипов-Каратаев, Л. И. Прасолов // Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. – Л. : Изд-во АН СССР, 1932. – Т. 7. – 280 с.

Вадюнина А. Ф. Методы исследования физических свойств почв и грунтов : в поле и лаборатории / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М. : Высш. шк., 1961. – 346 с.

Гусев П. Г. Агрофизическая характеристика почв степного и предгорного Крыма / П. Г. Гусев // Науч. докл. Высшей школы : биол. науки. – 1968. – № 12. – С. 133-136.

- Гусев П. Г.** Агрофізична характеристика чорноземів карбонатних північного передгір'я Криму / П. Г. Гусев // Агрохімія та ґрунтознавство. – 1968а. – Вип. 7. – С. 35-41.
- Дзенс-Литовская Н. Н.** Почвы и растительность степного Крыма / Н. Н. Дзенс-Литовская. – Л. : Наука, Ленингр. отд., 1970. – 156 с.
- Іванов В. Н.** Почвы Крыма и повышение их плодородия / В. Н. Иванов. – Симферополь : Крым, 1966. – 148 с.
- Іванов В. Ф.** Экология плодовых культур / В. Ф. Иванов, А. С. Иванова, Н. Е. Опанасенко и др. – К. : Аграрна наука, 1998. – 408 с.
- Іовенко Н. Г.** Водно-физические свойства и водный режим почв УССР / Н. Г. Иовенко. – Л. : Гидрометеоиздат, 1960. – 352 с.
- Каплюк Л. Ф.** Водные и физические свойства дерново-карбонатных почв предгорного Крыма / Л. Ф. Каплюк // Почвоведение. – 1976. – № 5. – С. 104-114.
- Качинский Н. А.** Механический и микраагрегатный состав почвы, методы его изучения / Н. А. Качинский. – М. : Изд-во АН СССР, 1958. – 192 с.
- Кочкин М. А.** Почвы, леса и климат горного Крыма и пути их рационального использования / М. А. Кочкин // Тр. Никит. ботан. сада. – М. : Колос, 1967. – Т. 38. – 368 с.
- Методи** аналіз ґрунтів і рослин (Методичний посібник). Кн. I / за загальною ред. Булигіна С. Ю., Балюка С. А., Міхновської А. Д., Розумної Р. А. – Х., 1999. – 160 с.
- Методические** рекомендации по оценке пригодности скелетных почв под сады (на примере Крыма) / сост. Н. Е. Опанасенко. – Ялта, 1985. – 34 с.
- Неговелов С. Ф.** Почвы и сады / С. Ф. Неговелов, В. Ф. Вальков. – Ростов-на-Дону : Изд-во Ростовского ун-та, 1985. – 192 с.
- Опанасенко М. Є.** Класифікація скелетних плантаційних ґрунтів / М. Є. Опанасенко // Агрохімія і ґрунтознавство. – Х., 2008. – Вип. 69. – С. 68-74.
- Опанасенко М. Є.** Теоретичні і прикладні основи оцінювання родючості скелетних ґрунтів Криму та освоєння їх під плодові і горіхоплідні культури / М. Є. Опанасенко: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня доктора с.-г. наук: 06.01.03 – агрогрунтознавство і агрофізика. – Х., 2009. – 38 с.
- Опанасенко Н. Е.** Гранулометрический состав мелкозема черноземов южных скелетных плантационных степного Крыма / Н. Е. Опанасенко // Вісник ХНАУ. Сер. «Грунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство». – 2010. – № 1.
- Опанасенко Н. Е.** Микроагрегатный и структурный состав черноземов южных скелетных плантационных Крыма / Н. Е. Опанасенко // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2010. – Вип. 74.
- Половицкий И. Я.** Почвы Крыма и повышение их плодородия / И. Я. Половицкий, П. Г. Гусев. – Симферополь : Таврия, 1987. – 152 с.
- Черноземы СССР (Украина)** / отв. ред. В. М. Фридланд и др. – М. : Колос, 1981. – 256 с.
- Якість** ґрунту. Визначення структурно-агрегатного складу сітовим методом в модифікації Н. І. Саввінова: ДСТУ 4744:2007 (чинний від 2008.01.01). – К. : Держстандарт України, 2007. – 15 с. – (Національний стандарт України).

Надійшла до редколегії 04.03.10

СКОРОСТЬ ЗВУКА И МОДУЛЬ УПРУГОСТИ ПОЧВЫ: ИЗМЕРЕНИЕ И РОЛЬ В ПЕРЕДАЧЕ ВИБРАЦИЙ ДЕРЕВА НА ПОЧВУ

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Распространение вибраций в почве обусловлено рядом естественных или техногенных причин. Энергия упругой волны, передающаяся почве от источника, определяется соотношением скорости ее распространения, плотности и модуля упругости почвы и источника. В полевых условиях скорость звука и модуль упругости можно измерить с помощью двух датчиков, например пьезоэлектрических, и осциллографа. Измеренная по описанной методике скорость распространения звука в почве (чернозем обыкновенный) варьирует от ~60 до ~110 м/с в зависимости от степени увлажнения. Значения модуля упругости изменяются от 7,9 до 15,5 МН/м². Почве с такими значениями скорости распространения упругой волны, модуля упругости и плотности в ~1100–1250 кг/м³ передается до 20 % энергии вибрации корней деревьев при раскачивании.

Ключевые слова: скорость звука, модуль упругости, почва, вибрации.

М. В. Нецветов

Донецький ботанічний сад НАН України

ШВИДКІСТЬ ЗВУКУ ТА МОДУЛЬ ПРУЖНОСТІ ГРУНТУ: ВИМІРЮВАННЯ Й РОЛЬ У ПЕРЕДАЧІ ВІБРАЦІЙ ДЕРЕВА НА ГРУНТ

Поширення вібрацій у ґрунті обумовлене низкою природних або техногенних причин. Енергія пружної хвилі, що передається ґрунту від джерела, визначається співвідношенням швидкості її поширення, щільності та модуля пружності ґрунту та джерела. У польових умовах швидкість звуку та модуль пружності можна виміряти за допомогою двох датчиків, наприклад п'єзоелектричних, та осциллографа. Вимірювання за описаною методикою швидкість поширення звуку в ґрунті (чорнозем звичайний) варіює від ~60 до ~110 м/с залежно від ступеня зволоження. Значення модуля пружності змінюються в межах від 7,9 до 15,5 МН/м². Ґрунту з такими значеннями швидкості поширення пружної хвилі, модуля пружності та щільністю в ~1100–1250 кг/м³ передається до 20 % енергії вібрації коренів дерев при розгойдуванні.

Ключові слова: швидкість звуку, модуль пружності, ґрунт, вібрації.

M. V. Netsvetov

Donetsk Botanical Garden NAS of Ukraine

SPEED OF SOUND AND ELASTICITY MODULUS OF SOIL: MEASUREMENT AND ROLE IN TREES VIBRATION PROPAGATION AT SOIL

Elastic waves propagation in soil is induced by natural and anthropogenic causes. The coefficient of vibrations propagation from source to soil depends on elastic modulus, speed propagation and density of soil and source. The measurement of speed of sound in the soil is developed using two piezoelectric elements and oscilloscope. The value of speed of sound in soil increases with decreasing of water content and determined from 60 to 110 m/s. The elasticity modulus ranged from 7,9 to 15,5 MN/m². The measured properties and density from 1100 to 1250 kg/m³ define value about 20% of energy transduction on soil from trees oscillation.

Key words: speed of sound, elasticity modulus, soil, vibration.

Воздействие ветра, дождя и некоторые другие причины приводят к возникновению и распространению по растениям упругих волн (или вибраций). Можно указать два механизма возникновения вибраций растений в результате воздействия ветра. Во-первых, отклонения и раскачивания листьев, ветвей и ствола в местах их изгиба и ответвления/закрепления вызывают упругие деформации, которые порождают упругую волну. Вибрации индуцируются также при трении и соударении ветвей и листьев. Во-вторых, при определенной скорости ветра из-за несимметричности отрыва потока воздуха от поверхности частей растений они также

начинают вибрировать (Нецветов, 2003). Примечательно, что если в первом случае частота вибрации не зависит от силы ветра, то во втором она связана с ней прямо пропорционально (Гришин, 2001):

$$f = Sh \cdot \frac{v}{d}$$

где $Sh=0,2$ – число Струхаля, v – скорость ветра; d – диаметр обтекаемого сечения.

Как видно из формулы, элементы дерева с малым диаметром будут вибрировать с большими частотами при одной и той же скорости ветра. Уже при 5 м/с небольшие веточки и черешки листьев будут вибрировать с частотами в слышимом диапазоне.

В случае же вибрации, индуцированной изгибами частей растений, частота определяется скоростью распространения упругой волны в древесных волокнах:

$$f = \frac{v}{\lambda}, \quad (1)$$

где λ – длина волны. В свою очередь, скорость распространения звука в среде определяется модулем упругости E и плотностью:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}. \quad (2)$$

Неоднородности растительных волокон обусловливают явления дифракции, интерференции и, как результат, наличие нескольких частот упругих волн. Вызванные различными причинами вибрации частей растений распространяются на корни. Здесь почве передается часть энергии вибраций, которая определяется квадратом отношения разности волновых сопротивлений к их сумме – коэффициентом отражения упругой волны:

$$C = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right)^2, \quad (3)$$

Волновое сопротивление (импеданс) – произведение скорости упругой волны в среде и ее плотности:

$$Z = v \cdot \rho, \quad (4)$$

или из (2):

$$Z = \sqrt{E \cdot \rho}. \quad (5)$$

Из выражения (4) следует, что коэффициент отражения будет ниже при близких значениях волновых сопротивлений двух сред, а значит, и часть передаваемой почве от дерева энергии будет выше, чем при сильно отличающихся Z_1 и Z_2 . Поскольку плотность и модуль упругости зависят от влажности, то, как видно из (5), при этом будет изменяться и волновое сопротивление. Для ветвей одного и того же дерева плотность, модуль упругости и волновое сопротивление значительно варьируют (табл. 1 (E и ρ – измерены, v и Z – рассчитаны)). Для сухой ветви характерно минимальное значение импеданса, а максимальные выше почти в два раза.

Таблица 1

Значения волнового импеданса дуба черешчатого при различных значениях плотности, модуля упругости и скорости упругой волны

№ п/п	ρ , кг/м ³	$E \cdot 10^9$, Н/м ²	v , м/с	$Z \cdot 10^3$, Па·с/м
1*	560	1,3	1523,6	853,2
2	980	1,2	1106,6	1084,4
3	980	1,3	1151,7	1128,7
4	940	2,6	1663,1	1563,3
5	940	2,7	1694,8	1593,1
6	940	2,9	1756,4	1651,1

* Сухая ветка.

Большинство почв, как известно, обладают плотностью от 1000 до 1500 кг/м³. Скорость распространения звука в почвах изменяется в основном от 85 до 180 м/с. Для определения диапазона значений волнового импеданса почвы можно воспользоваться формулой (4). Результаты расчетов представлены в табл. 2 (жирным выделены значения, характерные для наиболее распространенных v и ρ). Как видно из табл. 1 и 2, волновые сопротивления почвы и дерева отличаются приблизительно на порядок. На рис. 1 приведены значения коэффициента пропускания, $1-C$, в зависимости от звукового сопротивления почвы – для древесных волокон с различным соотношением плотности и модуля упругости он может достигать и превышать 50 %.

Таблица 2
Рассчитанные значения волнового импеданса (10^3 , Па·с/м) почвы
при различных значениях плотности и скорости упругой волны

v , м/с	ρ , кг/м ³					
	1000	1100	1200	1300	1400	1500
85	85	93,5	102	110,5	119	127,5
100	100	110	120	130	140	150
140	140	154	168	182	196	210
180	180	198	216	234	252	270
220	220	242	264	286	308	330
260	260	286	312	338	364	390
300	300	330	360	390	420	450

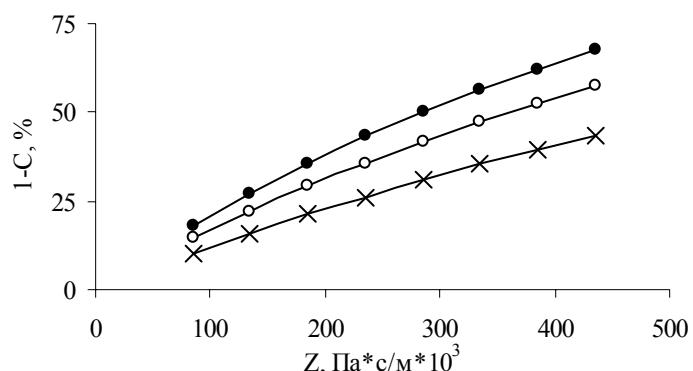


Рис. 1. Зависимость коэффициента прохождения плоской упругой волны с дерева на почву от волнового импеданса почвы при различных значениях плотности и модуля упругости древесных волокон. Для № 1 из табл. 1 – ●; № 2 – ○; № 4 – Х

По указанным общеизвестным формулам можно проводить оценку передаваемой энергии колебаний от растения почве. Тем не менее для большей точности необходимо проводить измерения основных параметров. Если для растений экспериментальное изучение модуля упругости не представляет сложностей, то для почвы его измерение является достаточно сложным. Существует несколько способов его измерения, которые для дорожных и строительных работ регулируются ГОСТ 12248-96 и 20276-85. Модуль упругости грунта определяется из закона Гука как коэффициент соответствия между приращением нагрузки σ на грунт и соответствующей его деформацией ε :

$$\varepsilon = \frac{1}{E} \cdot \sigma .$$

Основная сложность прямых измерений состоит в определении величины деформации почвы от нагрузки, которая не вызывает разрушения ее структуры. Модуль упругости можно вычислить по (2), зная плотность, которая легко определяется в лабораторных условиях, и скорость звука в почве. Последняя измеряется в лабораторных или полевых условиях как расстояние Δl , пройденное волной за время Δt . В лабораторных условиях целесообразно применять ультразвуковые установки (Oelze et al., 2002). Основное преимущество метода измерения скорости упругой волны с применением ультразвука состоит в отсутствии необходимости использования больших объемов почв. Исследование производится путем определения времени прохождения ультразвукового сигнала через образец почвы известных линейных размеров. Минимальное оборудование для таких исследований включает компьютер, ультразвуковой излучатель, ультразвуковые датчики, что усложняет его применение в полевых условиях. Однако здесь можно обойтись лишь двумя пьезоэлектрическими датчиками, ударником и осциллографом. Опишем используемый нами способ измерения скорости распространения упругой волны в почве в полевых условиях.

Суть метода состоит в расположении двух датчиков и ударника на одной линии. Расстояние между датчиками должно быть достаточным для различия сигналов от них на экране осциллографа. Приблизительно оценивая скорость звука, равной ~ 100 м/с, и зная длительность сейсмического сигнала, например 10 мс, вычисляем, что для четкого разделения сигналов расстояние между датчиками должно составлять не менее 1-го м, а цена деления осциллографа около 10 мс. В ходе исследования фиксируется время между началом сигналов от каждого датчика. В наших исследованиях мы использовали предварительно откалиброванные пьезокристаллические датчики. Поскольку сигнал, проходя расстояние более метра, значительно затухает, дальний по отношению к ударнику датчик соединяли с осциллографом через усилитель. Исследовали почву в Донецком ботаническом саду на участке с медвежьим орехом и во дворе биологического факультета. На обоих участках первоначально деревья высаживались на чернозем обыкновенный. Влажность почвы составляла не более 10 % от веса в верхнем слое (5 см) и до 50 % на глубине более 25 см. Плотность – 1217 ± 2 и 1220 ± 2 кг/м³ в саду биофака и ботанического сада соответственно.

На рис. 2 приведена осциллограмма вибрации, вызванной ударом о почву в саду биофака ДонНУ. Стрелками обозначено начало сигнала от первого и второго датчиков (расстояние 2,2 м). Сигналы следуют друг за другом через $20 \pm 0,5$ мс. Таким образом, скорость упругой волны в почве составляет $110,0 \pm 2,75$ м/с. Аналогичным образом была вычислена скорость волны в почве в Донецком ботаническом саду, она составила $96,9 \pm 4,1$ м/с. При увлажнении почвы до 25–30 % по массе скорость снизилась до 62 ± 2 м/с.



Рис. 2. Осциллограмма вибрации почвы, вызванной ударом. Масштаб черты – 10 мс

По измеренным значениям скорости упругой волны в почве и ее плотности по формуле (2) вычисляем модуль упругости (модуль Юнга). Он составил $13,993 - 15,516$ МН/м² в саду биофака и $10,156 - 12,465$ МН/м² в Ботаническом саду. При насыщении влагой почвы в Ботаническом саду Е составил $7,906 - 8,995$ МН/м². Значения волновых импедансов, рассчитанные по формуле (4), – $113,1 - 123,5 \cdot 10^3$ и $131,8 - 140,5 \cdot 10^3$ Па·с/м для сухой и насыщенной влагой почвы соответственно. Для почвы в саду биофака – $130,4 - 137,5 \cdot 10^3$ Па·с/м. Такие значения импеданса обеспечивают передачу почве $\sim 20 \pm 5$ % энергии вибрации корней и ствола у основания деревьев таких пород, как дуб черешчатый.

ВЫВОДЫ

Скорость распространения звука в почве и модуль ее упругости являются важными физическими характеристиками, от которых зависит частота и коэффициент передачи вибраций от дерева почве или от почвы дереву. Для почв под городскими насаждениями (первоначально чернозем обыкновенный) скорость звука варьирует от ~60 до ~110 м/с в зависимости от степени увлажнения. Значение модуля упругости изменяется в пределах от 7,9 до 15,5 МН/ м². Почве с такими значениями скорости распространения упругой волны, модуля упругости и плотностью в ~1100-1250 кг/ м³ передается до 20 % энергии вибрации корней деревьев при раскачивании.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Гришин А. М. О возникновении колебаний элементов лесных горючих материалов и их влиянии на режимы воспламенения и горения / А. М. Гришин, А. Н. Голованов, В. В. Медведев // Прикладная механика и техническая физика. – 2001. – Т. 42. – № 4. – С. 127-135.

Нецветов М. В. Вибрации в лесу под действием ветра (теоретический аспект оценки частот) / М. В. Нецветов // Екологія та ноосферологія. – 2003. – Т. 13, № 1-2. – С. 87-92.

Oelze M. L., W. D. O'Brien, Jr. Darmody et al. Measurement of attenuation and speed of sound in soils // Soil Sci. Soc. Am. J. – 2002. – 66. – P. 788-796.

Надійшла до редколегії 15.09.09

УДК 631.4

В. А. Горбань, А. А. Горбань

ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕОЛОВО-ГРУНТОВИХ ВІДКЛАДІВ ПОЛЕЗАХИСНИХ ЛІСОСМУГ СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара

У роботі наведено результати дослідження основних теплофізичних властивостей (температуропровідності, теплоємності та теплопровідності) еолово-грунтових відкладів та похованих під ними лісопокращених ґрунтів полезахисних лісосмуг степової зони України. Представлено порівняльну характеристику теплофізичних властивостей лісопокращених ґрунтів з еолово-грунтовими відкладами та зональних чорноземів звичайних, чорноземів приазовських та темно-каштанових ґрунтів.

Ключові слова: теплофізичні властивості, еолово-грунтові відклади, полезахисні лісосмуги.

В. А. Горбань, А. А. Горбань

Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭОЛОВО-ПОЧВЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСОПОЛОС СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ

В работе представлены результаты исследования основных теплофизических свойств (температурапроводности, теплоемкости и теплопроводности) эолово-почвенных отложений и погребенных под ними лесоулучшенных почв полезащитных лесополос степной зоны Украины. Приведена сравнительная характеристика теплофизических свойств лесоулучшенных почв с эолово-почвенными отложениями и зональных черноземов обыкновенных, черноземов приазовских и темно-каштановых почв.

Ключевые слова: теплофизические свойства, эолово-почвенные отложения, полезащитные лесополосы.

V. A. Gorban, A. A. Gorban

O. Gonchar Dnipropetrovsk National University

THERMALPHYSIC PROPERTIES OF AEOLIAN SOIL DEPOSITS OF FOREST SHELTER BELTS OF UKRAINIAN STEPPE ZONE

In the paper the research findings of the basic thermalphysic properties (thermal diffusivity, heat capacity and heat conductivity) of aeolian soil deposits and buried into them improved soils of forest shelter belts of steppe zone of Ukraine are presented. The comparison characteristic of thermalphysic properties of improved soils with aeolian soil deposits and zonal common chernozems, shernozems of Azov area and dark brown soils is produced.

Key words: thermalphysic properties, aeolian soil deposits, forest shelter belts.

Насьогодні степова зона України характеризується високою інтенсивністю процесів вітрової ерозії ґрунтового покриву, особливо навесні, коли дефляція набуває вигляду пилових бур. У квітні 2007 р. пиловою бурею було охоплено половину території степової зони (Зубець, 2008). Наслідком пилових бур є видування та відкладання еолово-ґрунтового матеріалу у полезахисних лісосмугах, потужність якого у деяких випадках досягає 1,5–2 м, що свідчить про його значні обсяги у степу (Высоцкий, 1962; Бучинский, 1970; Ярмольська, 1971; Можейко, 2000; Травлеев, 2008а). В той же час властивості, зокрема теплофізичні, цих специфічних ґрунтових утворень залишаються недостатньо дослідженими. Дослідження основних теплофізичних властивостей дає змогу встановити особливості походження та генезису еолово-ґрунтових відкладів.

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Відбір зразків еолово-ґрунтового матеріалу та похованих під ними лісопокращених ґрунтів полезахисних лісосмуг для дослідження теплофізичних властивостей виконували в умовах Присамар'я Дніпровського (чорнозем звичайний, ПП 203 та

202), Приазов'я (чорнозем приазовський, ПП ЧП–В1 та ЧП–В2) та Асканії-Нова (темно-каштановий ґрунт, ПП АН–В1та АН–В2). Нижче наводиться ґрунтово-геоботанічна характеристика об'єктів дослідження.

Полезахисна лісосмуга в умовах Присамар'я Дніпровського, розташована поблизу с. Капітановка (Новомосковський р-н, Дніпропетровська обл.).

Лісотипологічна формула (за О. Л. Бельгардом, 1971):

$\frac{\text{СГ}_1}{\text{тін. - III}} 7\text{Д.зв.2К.г.1Яс.зв.}$

Тип лісорослинних умов – суглиновок сухуватий (СГ₁).

Тип світлової структури – тіньовий.

Тип деревостану – 7Д.зв.2К.г.1Яс.зв., III ступень розвитку, зімкнутість 0,8, середня висота 10 м.

Чагарниковий підлісок представлений бруслиною європейською (*Euonymus europaea* L.).

У трав'яному покриві домінує тонконог вузьколистий (*Poa angustifolia* L.), та-жок трапляється пирій повзучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), підмаренник чіпкий (*Galium aparine* L.), фіалка дивна (*Viola mirabilis* L.).

Макроморфологічна характеристика ґрунтового розрізу ПП 203

H ₀	0–2 см	Лісова підстилка, у напіврозкладеному стані, з листя дуба та ясено.
H _{1eol}	0–30 см	Еоловий, темно-сірий, вологуватий, дрібно-грудкуватий, середній суглиновок, пухкий, значно корененасичений. Переход поступовий за забарвленням та щільністю.
H _{2eol}	30–47 см	Еоловий, сірий, вологуватий, дрібно-грудкуватий, супіщаний, щільніший попереднього, корененасичений. Переход чіткий за щільністю та шаром підстилки у розкладеному стані на вихідному ґрунті.
[H]	47–73 см	Гумусовий горизонт похованого ґрунту. Сірий, сухуватий, грудкуватий, супіщаний, щільний, корененасичений. Більш щільний, ніж попередній горизонт. Горизонт проникнутий дрібними корінцями трав'янистих рослин у розкладеному стані. Переход поступовий за кольором та щільністю.
[Hp]	73–91 см	Сірий, сухуватий, комкуватий, суглинистий, щільний, наявні окремі корені дерев. Переход поступовий за кольором. Бурхливе скіпання з 75 см.
[Ph]	91–110 см	Світло-сірий, сухуватий, грудкуватий, суглинистий, ущільнений. Переходний горизонт похованого ґрунту. Переход за щільністю та забарвленням.
[Pk]	110–150 см	Світло-палевий, сухуватий, суглинистий, ущільнений. Материнська порода – лесоподібний суглиновок.

Грунт – чорнозем звичайний лісопокращений середньовилугований середньогумусовий середньопотужний суглинистий мілкогохованій з еоловим матеріалом потужністю 47 см.

Для контролю, на відстані 50 м на захід від лісосмуги на пшеничному полі, було закладено пробну площину 202 з ґрунтовим розрізом.

Макроморфологічна характеристика ґрунтового розрізу ПП 202

Hор	0–40 см	Перегнійно-акумулятивний, орний, темно-сірий, сухий, зернистої структури, суглинистий, пухкий, корененасичений. Переход за щільністю та забарвленням.
H	40–60 см	Гумусовий, темно-сірий, сухий, зернистої структури, суглинистий, ущільнений, менш корененасичений порівняно з попереднім. Переход за забарвленням.
HP	60–95 см	Переходний, гумусований, світло-сірий з палевим відтінком, свіжуватий, зернисто-грудкуватої структури, суглинистий,

Pk 95–120 см щільний. Переход за забарвленням. Скидання з 75 см.
Грунтоутворююча порода – лесовидний суглинок з включеннями у формі псевдоміцелію.

Грунт – чорнозем звичайний середньогумусовий середньосуглинистий на лесоподібних суглинках з ознаками слабкої деловіальності.

Полезахисна лісосмуга в умовах Приазов'я, яка знаходиться на відстані 15 км на схід від с. Камишевате Першотравневого р-ну Донецької обл.

Лісотипологічна формула (за О. Л. Бельгардом, 1971): $\frac{\text{СГ}_1}{\text{тін. - III}} 10\text{Д.зв.}$

Тип лікосорослинних умов – суглинок сухуватий (СГ_1).

Тип світлої структури – тіньовий, з підсиленням світловим станом.

Тип деревостану – 10Д.зв., III ступінь розвитку, зімкнутість 0,8, середня висота 5 м. Чагарниковий підлісок відсутній.

Трав'янистий покрив представлений пирієм повзучим (*Elytrigia repens* L.), з проективним покриттям приблизно 90 %, дерев'яний (*Achillea millefolium* L.) – поодиноко.

Макроморфологічна характеристика ґрунтового розрізу ПП ЧП–В1

Heol	0–15 см	Еоловий, темно-сірий, сухуватий, дрібнокомкуватої структури, супіщаний, пухкий, значна насиченість корінням трав'янистої рослинності. Переход за щільністю та підстилкою у напіврозкладеному стані.
[H]	15–47 см	Гумусовий горизонт похованого ґрунту. Сірий, сухий, дрібнокомкуватої структури, суглинистий, ущільнений, значно насичений корінням. Переход за щільністю.
[Hp]	47–140 см	Сірий, сухий, дрібнокомкуватий, суглинистий, ущільнений. Переход за забарвленням.
[Ph]	140–160 см	Світло-сірий, сухий, комкуватої структури, суглинистий, щільний.

Грунт – чорнозем приазовський лісопокращений середньогумусовий суглинистий на лесоподібних суглинках з мілким наносом еолового матеріалу потужністю 15 см.

Для контролю на відстані 50 м на захід від лісосмуги, де було закладено пробну ділянку ЧП–В1, на зораному полі було закладено пробну ділянку ЧП–В2 з ґрутовим розрізом.

Макроморфологічна характеристика ґрунтового розрізу ПП ЧП–В2

Hор	0–10 см	Орний шар, гумусовий, сірий, вологуватий, крупнокомкуватої структури, суглинистий, незначно ущільнений, насичений корінням трав'янистої рослинності. Переход чіткий за щільністю.
H	10–30 см	Сірий, сухуватий, комкуватої структури, суглинистий, ущільнений. Переход за забарвленням.
hP	30–75 см	Світло-сірий, сухий, комкуватий, суглинистий, ущільнений, суглинистий. Переходний горизонт. Переход за забарвленням та щільністю. Скидання з глибини 35 см.
Pk	75–100 см	Палевий, сухий, суглинистий, щільний, включення біло-зірки, материнська порода – лесоподібний суглинок.

Грунт – приазовський чорнозем карбонатний малогумусовий суглинистий на лесоподібних суглинках.

Полезахисна лісосмуга в умовах Асканії-Нова розташована на відстані 2 км на схід від с.м.т. Асканія-Нова Чаплинського р-ну Херсонської обл., у буферній зоні Біосферного заповідника «Асканія-Нова» УААН.

Лісотипологічна формула (за О. Л. Бельгардом, 1971): $\frac{\text{СГ}_{0-1}}{\text{тін. - III}} 10 \text{Д. зв.}$

Тип лікосорослинних умов – суглинок сухий (СГ_{0-1}).

Тип світлої структури – тіньовий, з підсиленням світловим станом.

Тип деревостану – 10 Д. зв., III ступень розвитку, віком 30–40 років, знаходить ся у пригніченому стані, зімкнутість 0,4, середня висота 3 м.

Чагарниковий підлісок відсутній.

Трав'янистий покрив представлений пирієм повзучим (*Elytrigia repens* L.) з проективним покриттям 95 %.

Макроморфологічна характеристика ґрунтового розрізу ПП АН–В1

Heol	0–8 см	Еоловий відклад, темно-сірий, вологуватий, пилувато-грудкуватої структури, супіщаний, значна насиченість корінням трав'янистої рослинності. Перехід чіткий за щільністю та шаром мінералізованої трав'янистої рослинності.
[H(e)]	8–46 см	Похований гумусовий горизонт, сірий, сухий, дрібногрудкуватої структури, суглинистий, щільний, значно насичений корінням. Перехід за щільністю та насиченням корінням.
[Hpk(i)]	46–70 см	Світло-сірий, сухий, дрібногрудкуватий, суглинистий, ущільнений, суглинистий. Перехід за забарвленням та щільністю. Скидання з глибини 60 см.
[Pk]	70–120 см	Палевий, сухий, суглинистий, щільний, включення білозірки, материнська порода – лесоподібний суглиник.

Грунт – темно-каштановий slabковилужений малогумусовий суглинистий на лесоподібних суглинках з мілким наносом еолового матеріалу потужністю 8 см.

Для контролю на відстані 50 м на захід від лісоструги на вільному полі було заладено пробну площину АН–В2 з ґрунтовим розрізом.

Макроморфологічна характеристика ґрунтового розрізу ПП АН–В2

Hор	0–10 см	Орний шар, гумусовий, сірий, сухий, дрібногрудкуватої структури, суглинистий, пухкий, значна насиченість корінням трав'янистої рослинності. Перехід чіткий за щільністю та насиченістю коренями трав'янистої рослинності.
Hp	10–36 см	Гумусовий горизонт, сірий, сухий, дрібногрудкуватої структури, суглинистий, ущільнений, насичений корінням. Перехід за щільністю та забарвленням.
Phk	36–56 см	Світло-сірий, сухий, дрібногрудкуватий, суглинистий, ущільнений, суглинистий. Перехід за забарвленням та щільністю. Скидання з глибини 47 см.
Pks	56–120 см	Палевий, сухий, суглинистий, щільний, включення білозірки, материнська порода – лесоподібний суглиник.

Грунт – темно-каштановий карбонатний малогумусовий суглинистий на лесоподібних суглинках.

Теплоємність, тепlopровідність та температуропровідність досліджували методом імпульсного нагрівання, з використанням установки та програмного забезпечення, розроблених В. А. Горбанем та А. А. Горбанем (2007).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВРЕННЯ

Грунт як специфічний поліфазний фізичний об'єкт характеризується сукупністю специфічних теплофізичних властивостей. До основних теплофізичних властивостей ґрунту можна віднести температуропровідність, теплоємність та тепlopровідність (Травлеев, 1960; Вадюнина, 1986; Созин, 1990; Теории..., 2007).

Максимальна величина температуропроводності ($2,514 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$) спостерігається в нижньому еолово-ґрунтовому шарі H_{2eol} пробної площині 203 (табл. 1), що зумовлено накопиченням у цьому шарі органічних речовин, які пересуваються з поверхневого еолового шару H_{1eol} внаслідок лесиважу. Мінімальна величина температуропровідності характерна для горизонту [Hp]. Максимальні величини теплоємності та тепlopровідності ($1,216 \text{ МДж}/\text{м}^3 \cdot \text{К}$ та $0,301 \text{ Дж}/\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{К}$) спостерігається у горизонті [H].

пробної площі 203. Меншими величинами теплоємності та тепlopровідності, порівняно з похованим гумусовим горизонтом, характеризуються прилеглі до нього горизонти H_{1eol} та [Hp]. Мінімальні величини теплоємності та тепlopровідності спостерігаються у верхньому шарі еолового відкладу H_{1eol} та нижньому горизонті похованого ґрунту [Ph]. Подібний характер змін цих величин за профілем можна пояснити особливостями розподілу органічних речовин та вмістом фізичної глини внаслідок відкладання еолово-ґрунтового матеріалу.

Таблиця 1

**Теплофізичні властивості еолово-ґрунтових відкладів полезахисних лісосмуг
Присамар'я Дніпровського**

Генетичний горизонт	$a \cdot 10^{-7}$, м ² /с	c , МДж/(м ³ ·К)	λ , Дж/(м·с·К)
ПП 203			
H_{1eol}	2,388	1,163	0,278
H_{2eol}	2,514	1,175	0,295
[H]	2,475	1,216	0,301
[Hp]	2,303	1,203	0,277
[Ph]	2,370	1,143	0,271
ПП 202			
Hор	3,990	1,512	0,603
H	4,916	1,357	0,667
HP	4,172	1,221	0,509
Pk	4,546	1,297	0,589

Примітка. a – температуропровідність; c – теплоємність; λ – тепlopровідність.

Максимальну величину температуропровідності ($4,916 \cdot 10^{-7}$ м²/с) виявлено у гумусовому горизонті Н пробної площі 202 (табл. 1), що пояснюється максимальним накопиченням у цьому горизонті органічних речовин. Мінімальна температуропровідність характерна для орного горизонту Нор, що зумовлено збідненням цього горизонту гумусом внаслідок інтенсивного сільськогосподарського використання. Максимальні величини теплоємності та тепlopровідності виявлено у верхніх горизонтах Нор та Н пробної площі 202, що пояснюється збільшенням вмістом органічних речовин у цих горизонтах порівняно з нижніми.

В цілому чорнозем звичайний лісопокращений з наявним еолово-ґрунтовим відкладом характеризується меншими величинами теплофізичних властивостей порівняно з чорноземом звичайним, що може свідчити про полегшення гранулометричного складу лісопокращеного чорнозему під впливом еолово-ґрунтових відкладів (Горбань, 2008) в умовах різnotравно-типчаково-ковилового степу.

Максимальна величина температуропровідності ($3,773 \cdot 10^{-7}$ м²/с) спостерігається у горизонті H_{eol} пробної площини ЧП–В1 (табл. 2), мінімальна – у похованому гумусовому горизонті. З глибиною за профілем похованого ґрунту відбувається поступове збільшення величини температуропровідності. Величина теплоємності збільшується з глибиною, досягаючи свого максимуму (1,162 МДж/м³·с·К) у нижньому горизонті [Ph], мінімальна величина спостерігається в еоловому шарі H_{eol} . Максимальні величини тепlopровідності встановлено у еоловому шарі H_{eol} та нижньому похованому горизонті [Ph] (0,402 та 0,403 Дж/м·с·К відповідно). За профілем похованого ґрунту спостерігається збільшення величини тепlopровідності. Збільшення величин теплофізичних властивостей з глибиною за профілем ґрунту можна пояснити особливостями розподілу фізичної глини, максимальний вміст якої спостерігається у нижньому похованому горизонті.

Максимальні величини температуропровідності, теплоємності та теплопровідності ($3,608 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$, $1,173 \text{ МДж}/\text{м}^3 \cdot \text{К}$ та $0,423 \text{ Дж}/(\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{К})$ відповідно) виявлено у поверхневому орному горизонті Нор пробної площині ЧП–В2 (табл. 2). З глибиною спостерігається поступове зменшення цих величин, з мінімальними значеннями в нижньому горизонті Рк. Такий розподіл величин теплофізичних властивостей за профілем поністю корелює з профільним розподілом вмісту органічних речовин, який зменшується з глибиною.

Таблиця 2
Теплофізичні властивості еолово-грунтових відкладів полезахисних лісосмуг Приазов'я

Генетичний горизонт	$a \cdot 10^{-7}, \text{ м}^2/\text{с}$	$c, \text{ МДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$	$\lambda, \text{ Дж}/(\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{К})$
ЧП–В1			
Heol	3,773	1,064	0,402
[H]	3,078	1,125	0,346
[Hp]	3,224	1,133	0,366
[Ph]	3,469	1,162	0,403
ЧП–В2			
Hop	3,608	1,173	0,423
H	2,642	1,068	0,282
Ph	2,548	0,971	0,247
Pk	2,206	0,993	0,219

Примітка. a – температуропровідність; c – теплоємність; λ – теплопровідність.

В цілому чорнозем приазовський лісопокрашений з наявним еолово-грунтовим відкладом характеризується більшими величинами теплофізичних властивостей порівняно з чорноземом приазовським, що свідчить про більше накопичення органічної речовини у ґрунті під лісосмугою порівняно з відкритим полем.

Максимальна величина температуропровідності спостерігається у горизонті [Нрк(i)] пробної площині АН–В1 (табл. 3), що зумовлено максимальним накопиченням у цьому горизонті глинистих часток. Мінімальна величина температуропровідності характерна для горизонту [Н(е)], що пояснюється вимиванням мулистих часток з цього горизонту у нижні. Еолово-грунтовому шару пробної площині АН–В1 притаманна найменша величина теплоємності, що зумовлено найменшим вмістом фізичної глини. З глибиною спостерігається збільшення величини теплоємності внаслідок особливостей розподілу мулистих часток та органічних речовин за ґрунтовим профілем. Мінімальна величина теплопровідності характерна для горизонту [Н(е)], з глибиною її величина зростає, що зумовлено розподілом мулистих часток за профілем ґрунту. За величиною теплопровідності еолово-грунтовий шар займає проміжне місце між елювіальним та ілювіальним горизонтами.

Для температуропровідності ґрунту пробної площині АН–В2 встановлено існування прямої залежності від вмісту фізичної глини (табл. 3). Горизонт Phk, який відрізняється максимальним вмістом глинистих часток, характеризується максимальною величиною температуропровідності, а горизонт Нор з мінімальним вмістом фізичної глини – її мінімальною величиною. Мінімальна величина теплоємності горизонту Нор зумовлена найменшим вмістом фізичної глини у цьому горизонті. Максимальна величина спостерігається у горизонті Нр, що свідчить про збільшення вмісту фізичної глини та органічних речовин у цьому горизонті. З глибиною відбувається зменшення величини теплоємності, що відображає поступове зменшення вмісту органічних речовин з глибиною за ґрунтовим профілем. Для ґрунту пробної площині АН–В2 спостерігається пряма залежність теплопровідності з вмістом фізичної глини. Максимальна величина теплопровідності спостерігається у горизонті Phk з максимальним вмістом

глинистих часток, мінімальна – у горизонті Hop, який відрізняється мінімальним вмістом фізичної глини.

В цілому темно-каштановий ґрунт лісопокращений з наявним еолово-ґрутовим відкладом майже не відрізняється за величинами теплофізичних властивостей порівняно з темно-каштановим ґрунтом, що свідчить про зменшення впливу штучного лісу на ґрунти зі збільшенням екстремальності степового середовища (Бельгард, 1973; Белова, 1999; Травлеев, 2008б), із просуванням з півночі на південь.

Таблиця 3

**Теплофізичні властивості еолово-ґрутових відкладів полезахисних лісосмуг
Асканії-Нова**

Генетичний горизонт	$a \cdot 10^{-7}$, м ² /с	c , МДж/(м ³ ·К)	λ , Дж/(м·с·К)
AH-B1			
Heol	3,701	1,134	0,420
[H(e)]	3,176	1,196	0,380
[Hpk(i)]	3,883	1,423	0,553
[Pk]	3,855	1,512	0,583
AH-B2			
Hop	3,371	1,263	0,426
Hp	3,644	1,415	0,515
Phk	3,990	1,343	0,536
Pks	3,414	1,282	0,438

Примітка. a – температуропровідність; c – теплоємність; λ – тепlopровідність.

Проведений кореляційний аналіз показав існування майже лінійного зв'язку між величинами температуропровідності та тепlopровідності ($r_{a,\lambda} = 0,95$). Тісний зв'язок виявлено між величинами теплоємності та тепlopровідності ($r_{c,\lambda} = 0,83$), а також величинами темплоємності ($r_{a,c} = 0,61$).

ВИСНОВКИ

1. Виконано дослідження теплофізичних властивостей еолово-ґрутових відкладів, похованих лісопокращених та зональних ґрунтів степової зони України.
2. Чорнозем звичайний лісопокращений з наявним еолово-ґрутовим відкладом характеризується меншими величинами теплофізичних властивостей порівняно з чорноземом звичайним, що може свідчити про полегшення гранулометричного складу лісопокрашеного чорнозему під впливом еолово-ґрутових відкладів.
3. Чорнозем приазовський лісопокращений з наявним еолово-ґрутовим відкладом характеризується більшими величинами теплофізичних властивостей порівняно з чорноземом приазовським, що свідчить про більше накопичення органічної речовини у ґрунті під лісосмугою порівняно з відкритим полем.
4. Темно-каштановий ґрунт лісопокращений з наявним еолово-ґрутовим відкладом майже не відрізняється за величинами теплофізичних властивостей порівняно з темно-каштановим ґрунтом, що свідчить про зменшення впливу штучного лісу на ґрунти зі збільшенням екстремальності степового середовища, із просуванням з півночі на південь.
5. Виконано кореляційний аналіз теплофізичних властивостей еолово-ґрутових відкладів, похованих лісопокращених та зональних ґрунтів степової зони України ($r_{a,\lambda} = 0,95$; $r_{c,\lambda} = 0,83$; $r_{a,c} = 0,61$).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Белова Н. А. Естественные леса и степные почвы / Н. А. Белова, А. П. Травлеев. – Д. : ДГУ, 1999. – 348 с.

- Бельгард А. Л.** О процессах адаптации и сильватизации искусственных лесных биогеоценозов к условиям степной среды / А. Л. Бельгард, А. П. Травлеев // Проблемы лесного почвоведения. – М.: Наука, 1973. – С. 5-15.
- Бельгард А. Л.** Степное лесоведение / А. Л. Бельгард. – М. : Лесн. пром-сть, 1971. – 336 с.
- Бучинский И. Е.** Засухи, суховеи, пыльные бури на Украине и борьба с ними / И. Е. Бучинский. – К. : Урожай, 1970. – 236 с.
- Вадюнина А. Ф.** Методы исследования физических свойств почвы / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М. : Агропромиздат, 1986. – 416 с.
- Высоцкий Г. Н.** Материалы по изучению черных бурь в степях России // Избранные сочинения. Т. 2. Почвенные и почвенно-гидрологические работы / Г. Н. Высоцкий. – М. : АН СССР, 1962. – С. 9-18.
- Горбань В. А.** Исследование теплофизических свойств почвы методом импульсного нагрева / В. А. Горбань, А. А. Горбань // Грунтознавство. – 2007. – Т. 8, № 3-4. – С. 95-99.
- Горбань В. А.** Особливості впливу еолових відкладів на лісорослинні умови степової зони України // Екологія та ноосферологія. – 2008. – Т. 19, № 3-4. – С. 83-87.
- Зубець М. В.** Ерозія ґрунтів – загроза їх родючості / М. В. Зубець // Голос України. – 2008. – № 32. – С. 9.
- Можейко Г. А.** Лесо-аграрные ландшафты Южной и Сухой Степи Украины / Г. А. Можейко. – Х. : Эней, 2000. – 312 с.
- Созин Ю. А.** Определение теплофизических свойств почвы методом импульсного нагрева / Ю. А. Созин // Антропогенные воздействия на лесные экосистемы степной зоны. – Д. : ДГУ, 1990. – С. 95-101.
- Теории и методы физики почв** / Под ред. Е. В. Шеина и Л. О. Карпачевского. – М. : Гриф и К, 2007. – С. 374-379.
- Травлеев А. П.** Лес как фактор почвообразования / А. П. Травлеев, Н. А. Белова // Грунтознавство. – 2008а. – Т. 9, № 3-4 (13). – С. 6-26.
- Травлеев А. П.** Лес как явление географическое / А. П. Травлеев, Н. А. Белова // Екологія та ноосферологія. – 2008б. – Т. 19, № 3-4. – С. 5-12.
- Травлеев А. П.** О термоизоляционной роли лесной подстилки / А. П. Травлеев // Почвоведение. – 1960. – № 10. – С. 92-95.
- Ярмоліська А. С.** Полезахисні лісонасадження – ефективний засіб боротьби з пиловими бурями. – К. : УкрНДІНТІ, 1971. – 32 с.

Надійшла до редакції 29.04.10

РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.618; 631.461

І. Х. Узбек

МИКРОБОЦЕНОЗЫ РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ КАК КОМПОНЕНТЫ СЛОЖНЫХ ТЕХНОЭКОСИСТЕМ

Дніпропетровський державний аграрний університет

Показана інтенсивність заселення горних пород почвенними мікроорганизмами в залежності від фізико-хіміческих своївств едафотопов та атмосферних впливів. Приводиться інформація про накопичення елементів почвеного плодородія в результаті взаємодії мікроорганизмів, корневих систем растений та своївств едафотопов.

Ключові слова: *техногенний ландшафт, рекультивація, едафотоп, мікроорганизми, корни.*

І. Х. Узбек

Дніпропетровський державний аграрний університет

МІКРОБОЦЕНОЗИ РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ ЯК КОМПОНЕНТ СКЛАДНОЇ ТЕХНОЕКОСИСТЕМИ

Показано інтенсивність заселення гірських порід ґрутовими мікроорганізмами залежно від фізико-хімічних властивостей едафотопів та атмосферних впливів. Наведено інформацію про накопичення елементів ґрутової родючості в результаті взаємодії мікроорганізмів, кореневих систем рослин та властивостей едафотопів.

Ключові слова: *техногенний ландшафт, рекультивація, едафотоп, мікроорганизми, корені.*

I. Kh. Uzbek

Dniepropetrovsk StateAgrarian University

MICROBOCENOS OF RECULTIVATED SOILS AS A COMPONENT OF COMPOUND TECHNOEKOSYSTEMS

The intensity of soil microorganisms' colonization of rocks is demonstrated, subject to physicochemical properties of edaphotopes and weather impact. The information about the accumulation of elements of soil fertility as a result of interaction of microorganisms, plant rootage and properties of edaphotops is presented.

Key words: *anthropogenic landscape, recultivation, edaphotop, microorganisms, roots.*

Монография П. А. Костычева «Почвы черноземной области России, их происхождение, состав и свойства» вышла в свет в 1886 году, т.е. через три года после книги «Русский чернозем» В. В. Докучаева, и явилась новым вкладом в науку о почве. Уже тогда профессор П. А. Костычев (1937) рассматривал почву как сложный, постоянно изменяющийся организм, неразрывно связанный с жизнью высших и низших растений. «В каждом золотнике почвы, — писал он, — живут миллионы ... живых существ, и эти существа составляют неотъемлемую ... часть почвы и не есть что-либо для нее постороннее».

Академик В. И. Вернадский (1919) рассматривал влияние микроорганизмов на почву уже с позиции общих геохимических законов. Он утверждал, что живое вещество, в т. ч. и микроорганизмы, ставшее составной частью почвы, создает в ней мелкозе-

мистость и рыхлость, влияет на физические свойства и структуру, приводит к миграции химических элементов и обуславливает многие другие изменения свойств почвы.

Эти взгляды П. А. Костычева и В. И. Вернадского нашли свое полное подтверждение на рекультивированных землях при изучении нами сезонной динамики численности почвенных микроорганизмов.

Таких исследований в отечественной науке очень мало, хотя именно они имеют большое научно-практическое значение, поскольку отражают не только интенсивность и направленность нового почвообразования, но и подсказывают целый ряд агротехнических приемов, направленных на повышение уровня плодородия образующихся почв.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Многие показатели микробиологической активности почв настолько изменчивы, что их одноразовое определение не отражает реальной обстановки в толще почвы и может ввести в заблуждение. Особенно это характерно для образцов молодых почв техногенных экосистем. Поэтому нами многократно изучалась сезонная динамика численности различных физиологических групп почвенных бактерий и грибов в верхней метровой толще следующих эдафотопов: в полнопрофильном южном черноземе старопахотного поля, в насыпном плодородном слое массы южного чернозема толщиной 40 см, в смеси пород лессовидных суглинков и древнеаллювиальных песков, в лессовидных суглинках, в красно-буровой и серо-зеленой глинах. Для этого ежемесячно с апреля по октябрь отбирали образцы почв и пород из различных слоев метровой толщи. Особое внимание уделяли слоям 0–20 и 20–40 см, т.е. пахотной толще изучаемых эдафотопов.

Образцы брали из борта карьера, из зоны корнеобитания (ризосфера) люцерны и эспарцета, произрастающих на различных вариантах, а также между вариантами, в проходах. Учитывая большую гетерогенность рекультивируемых почв, это практически единственная возможность для изучения уровня биогенности однотипных эдафотопов с растениями и без них. Проходы имели ширину 2 м, постоянно обрабатывались для уничтожения сорняков и потому находились в рыхлом и чистом от сорняков (т. е. парообразном) состоянии.

В образцах устанавливали общее количество микроорганизмов и количество спороносных форм на МПА, количество олигонитрофилов на среде Эшби, количество почвенных грибов на среде Чапека, азотобактер на специальной среде Эшби и аэробные целлюлозоразрушающие микроорганизмы на среде Гетчинсона.

Анализы проводили общепринятыми в микробиологии методами (Красильников, 1966; Бабьева, 1971; Сеги, 1983).

Данные полевых и лабораторных исследований подвергали математической обработке (Доспехов, 1973), результаты которой позволяют считать их достоверными.

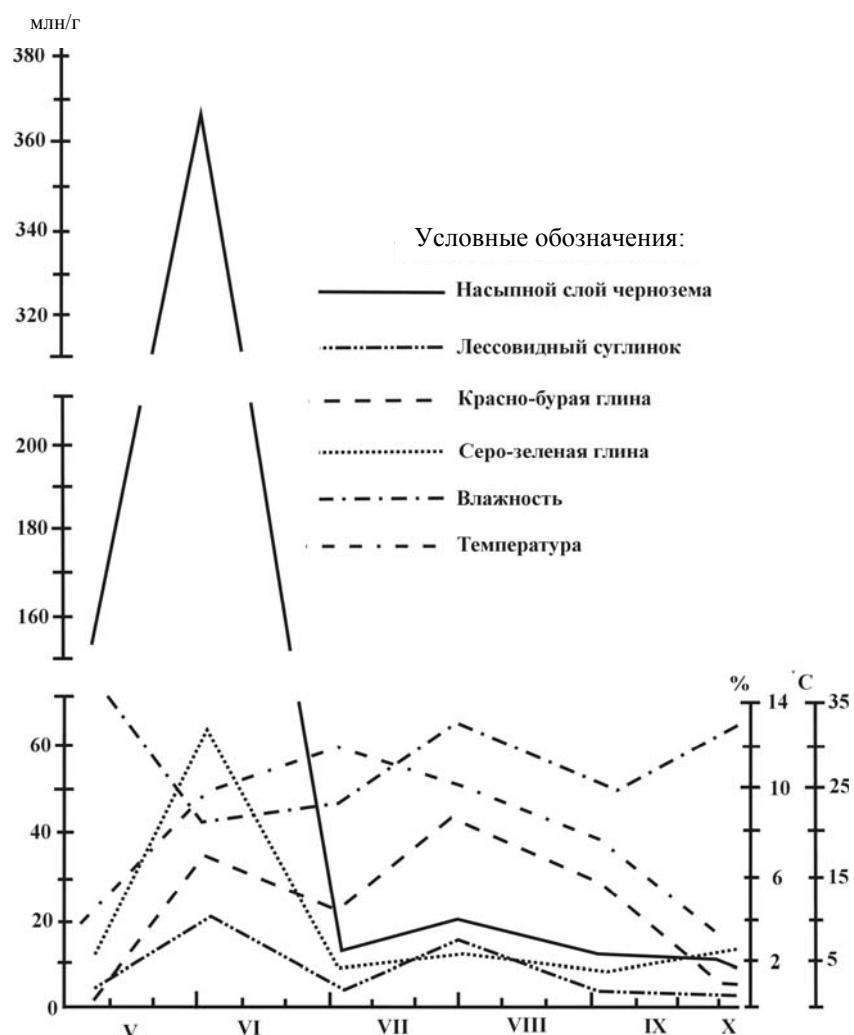
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Во всех образцах горных пород, отобранных непосредственно из борта карьера, микроорганизмы отсутствуют. Только в лессовидных суглинках, отобранных из глубины 4,5 м, и в красно-буровой глине из глубины 12 м количество олигонитрофилов составило 6 и 4 тыс/г абсолютно сухой навески. Такие показатели близки к ошибке опыта, ими можно было бы пренебречь, но мы их здесь приводим, поскольку они зафиксированы результатами наших исследований. Стерильность горных пород на большой глубине объясняется отсутствием условий, необходимых для жизнедеятельности микроорганизмов. Следовательно, и пул микроорганизмов в свежеотсыпанных грунтах практически равен нулю.

Однако с момента проведения горнотехнического этапа рекультивации начинают проявляться те сложные процессы, совокупность действия которых обуславливает резкое увеличение численности почвенных микроорганизмов. Именно поэтому их количество увеличивается в процессе выемки и транспортировки вскрышных пород в отвал и планировки его поверхности.

С этого времени инокуляция пород спорами и клетками микроорганизмов происходит в основном инфицированным материалом эолового происхождения, а также при выпадении растворимых органических веществ с дождевой водой на поверхность рекультивируемых участков. Не случайно уже через 7 лет после выноса горных пород на дневную поверхность и воздействия на них атмосферных факторов начинается интенсивный процесс заражения верхних слоев эдафотопов микроорганизмами до уровня избыточного пула. Их число зависит от свойств эдафотопа, в котором они обитают, и подвержено значительным колебаниям в связи с сезонными изменениями экологических условий (*рисунок*). При всех прочих равных условиях в слое 0–20 см всегда насчитывалось больше микроорганизмов, чем в слое 20–40 см.

Растворение микроорганизмами минералов горных пород, а также гидротермические условия способствовали тому, что в толще всех изучаемых нами эдафотопов количество микроорганизмов с весны резко увеличивалось и достигало своего максимума в конце мая – начале июня с последующим скачкообразным снижением к осени. Так, в верхнем 20-сантиметровом слое лессовидных суглинков насчитывалось 21,4 млн микроорганизмов, выявленных на МПА, а в красно-бурых, серо-зеленых глинах и в насыпном плодородном слое почвенной массы соответственно 34,9; 63,7; 367,4 млн на 1 г абсолютно сухой навески.



Динамика численности микроорганизмов в слое 0–20 см контрольных (паровых) вариантов

Цикличная динамика общей численности микроорганизмов указывает на то, что жизнедеятельность микробного населения на ранних стадиях развития техногенных экосистем находится в тесной связи с гидротермическими условиями среды обитания (*рисунок*). Свидетельством этого является совпадение периодов подъема и спада численности микроорганизмов в разных по качественным показателям эдафотопах. Здесь существенное значение имеет содержание элементов питания в осадках. Например, исследования С. П. Швендлермана (1990), проведенные в Донецкой области, показали, что с осадками в среднем в почву поступает 17,4 кг/га азота, 0,2 кг/га фосфора и 16,4 кг/га калия. Причем азот находится преимущественно в аммиачной форме, поскольку нитраты образуются в основном в результате грозовых разрядов.

Способность микроорганизмов чутко реагировать на смену экологических условий среды обитания делает их одним из основных критериев оценки влияния техногенеза на формирование и жизнь образующейся почвы. Это подтверждается данными наших опытов, которые показали, что развитие и размножение микроорганизмов на контрольных вариантах (без растений) ограничивается недостатком элементов питания, особенно отсутствием органического вещества.

Наши исследования свидетельствуют и о том, что в толще эдафотопов находится большое количество представителей различных таксономических групп, которые при возникновении благоприятных условий активно участвуют в биогеохимических процессах. Для активизации этих процессов на рекультивируемых землях большое значение имеет внедрение специальных фитомелиоративных севооборотов или их звеньев, насыщенных многолетними бобовыми травами. Их корневые системы в толще эдафотопов техногенных ландшафтов выступают не только как регулятор состава и численности микроорганизмов, но и как важнейший фактор, оккультуривающий эдафотоп. Достаточно сказать, что совместно с клубеньковыми бактериями и свободноживущими микроорганизмами корни люцерны 3-го года жизни накапливают, например, в слое 0–20 см в среднем 350 кг/га азота, 45 кг фосфора, 110 кг калия и 290 кг/га кальция.

Именно поэтому пристального внимания заслуживает живое вещество, особенно органическая масса растений и микроорганизмы, разлагающие это вещество. Перерабатывая остатки растений и животных, микроорганизмы изменяют состав жидкой и газообразной фаз почвы, способствуют аккумуляции элементов почвенного плодородия. Причем это плодородие во многом обусловлено своеобразными взаимоотношениями, возникающими в системе эдафотоп – микроорганизмы – корни растений. Следовательно, величина численности почвенных микроорганизмов является одним из важнейших элементов при эколого-биологической характеристике образующихся почв на отвалах карьеров открытых горных разработок.

Характерным для условий, в которых протекает развитие микроорганизмов в толще этих почв, является чрезвычайное многообразие сочетаний различных факторов. К этому следует добавить и специфичность накопления и распределения растительных остатков в массе отвалов, что делает изучение комплекса почвенных микроорганизмов и динамики их численности еще более важным. И не только потому, что почвенная микрофлора принимает участие в формировании и регулировании практически всех экологически ценных свойств эдафотопов, а потому, что очень важно познать особенности, в соответствии с которыми функционируют в их толще микроорганизмы, определить происходящие изменения численности и наметить пути их регулирования. От этого зависит направленное воздействие почвенных микроорганизмов на преобразование эдафотопа, поскольку они входят в его состав как абсолютно неотъемлемая и вместе с тем наименее изученная часть. Именно поэтому можно считать, что чем больше микроорганизмов в том или ином слое эдафотопа, тем интенсивнее идет процесс формирования биогеоценотических горизонтов и накопление элементов почвенного плодородия.

ВЫВОДЫ

1. Формирование техногенных экосистем неизбежно сопровождается образованием в толще эдафотопов великого множества микрозон, которые интенсивно заселяются аборигенными штаммами микроорганизмов и семенами растений. Они фор-

мируют микробо-растительные формации, являющиеся зачатками нового почвообразовательного процесса.

2. Динамика общей численности микроорганизмов обусловлена сложным характером взаимосвязей, складывающихся между микроорганизмами, корнями растений и физико-химическими свойствами эдафотопов, подвергающихся постоянному воздействию атмосферных факторов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Бабьева И. П.** Практическое руководство по биологии почв / И. П. Бабьева, Н. С. Агре. – М. : Изд-во МГУ, 1971. – 140с.
- Вернадский В. И.** Об участии живого вещества в создании почв / В. И. Вернадский. – М., 1919. – 123 с.
- Доспехов Б. А.** Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1973. – 329 с.
- Костычев П. А.** Почвы черноземной области России, их происхождение, состав и свойства / П. А. Костычев. – М. ; Л. : Огиз – сельхозгиз, 1937. – 239 с.
- Красильников Н. А.** Методы изучения почвенных микроорганизмов и их метаболитов / Н. А. Красильников. – М. : Изд-во МГУ, 1966. – 215 с.
- Сеги И.** Методы почвенной микробиологии / И. Сеги. – М. : Колос, 1983. – 285 с.
- Швинглерман С. Н.** Оптимизация структуры и продуктивности агрогокосистем (на примере степной зоны Украины) / С. Н. Швинглерман : Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Донецк, 1990. – 44 с.

Nадійшла до редколегії 19.03.10

УДК 634.0.114.3 (477.6) (045)

Ю. М. Попа

ОСОБЛИВОСТІ ПЕРВИННОГО ГРУНТОУТВОРЕННЯ НА ПОВЕРХНІ ТЕРИКОНІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ ДОНБАСУ

Національний авіаційний університет

Визначено закономірності та надано екологічну оцінку процесів первинного ґрунтоутворення на поверхні териконів вугільних шахт Донбасу в природних умовах та під впливом рослинного покрову.

Ключові слова: терикони, відвальна порода, ґрунтоутворення, рослинний покрив.

Ю. Н. Попа

Национальный авиационный университет

ОСОБЕННОСТИ ПЕРВИЧНОГО ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ТЕРИКОНОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ДОНБАССА

Определены закономерности и дана экологическая оценка процессов первичного почвообразования на поверхности терриконов угольных шахт Донбасса в естественных условиях и под воздействием растительного покрова.

Ключевые слова: терриконы, отвальная порода, почвообразование, растительный покров.

Yu. N. Popa

National Aviation University

FEATURES OF PRIMARY SOIL FORMATION ON THE SURFACE OF WASTE BANKS OF COAL MINES OF DONBAS

The mechanism and environmental assessment of primary soil formation processes on the surface of waste banks of coal mines of Donbas in natural conditions and under the influence of vegetation cover are presented.

Key words: waste banks, recrement, primary soil formation, vegetation cover.

Первинне ґрунтоутворення на поверхні териконів вугільних шахт Донбасу вперше було розглянуто більше ніж 50 років тому в зв'язку з проблемою озеленення їх поверхні (Логгинов, 1971). У 1980–1995 рр. систематичні дослідження процесів первинного ґрунтоутворення на поверхні териконів вугільних шахт Донбасу проводились в Українській сільгоспакадемії в лабораторії екології та відновлення порушених земель (ЛЕВПЗ) (Козак, 1992), що дало змогу в цілому визначити деякі екологічні параметри первинного ґрунтоутворення (Попа, 1984, 1990) та особливості процесів вивітрювання гірських порід на поверхні відвалів (Козак, 1992), розробити технологічні схеми та скласти перелік придатних для озеленення поверхні відвалів видів рослин (Попа, 1991). У цілому обране свого часу у ЛЕВПЗ направлення екологічних досліджень первинного ґрунтоутворення стає дедалі актуальнішим, що підтверджується працями інших авторів (Гончева, 1996; Махоніна, 1996; Панков, 1996 та ін.).

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Мета роботи полягає у визначенні закономірностей процесів первинного ґрунтоутворення на териконах вугільних шахт Донбасу. Дослідження проведено за загальноприйнятими в біогеоценології методами і методиками досліджень (Сукачев, 1974; Етеревская, 1978), адаптованими до вивчення процесів первинного ґрунтоутворення на поверхні породних відвалів вугільних шахт Донбасу, проведених автором у 1981–1995 рр. у ЛЕВПЗ, та в 2002–2006 рр. на кафедрі екології Національного авіаційного університету. Об'єкти досліджень розташовані в Донбасі, у Луганській (м. Луганськ, Лисичанськ, Красний Луч), Донецькій (м. Донецьк, Макіївка) та Ростовській (м. Шахти, Новошахтинськ, Гуково) областях. Роботи проведені на поверхні

териконів вугільних шахт у лісових насадженнях різного віку, видового складу та створені за різними технологіями (Попа, 1985). У роботі наведені матеріали досліджень екології первинного ґрунтоутворення в штучних біогеоценозах, створених на породних відвахах антрацитових шахт «Пролетарська диктатура», «Майська» (м. Шахти), ім. Кірова (м. Новошахтинськ) та № 46 і ім. Леніна (м. Макеєвка) з включенням деяких узагальнених результатів, отриманих при проведенні досліджень на понад 50 териконах у регіоні (Попа, 1990). Матеріали досліджень охоплюють результати аналізу процесів первинного ґрунтоутворення на поверхні породних відвалів вугільних шахт, які включають результати агрохімічних аналізів верхніх шарів ґрунту, результати досліджень динаміки рослинності, мікрокліматичних умов первинного ґрунтоутворення, результати гідрологічних досліджень, особливості кругообігу основних поживних речовин та стійкості створених штучних біогеоценозів. Детальні дослідження динаміки механічного складу верхнього 0–20 см шару гірської породи проведені на поверхні відвалу № 4 шахти «Пролетарська диктатура», що входить у ланцюг із 7 териконів, сформованих упродовж 1925–1971 рр. Загальна площа поверхні відвалів, придатної для озеленення, становить 11,4 га, у тому числі на териконі № 3 – 2,5 га. Загальна площа створених на відвахах шахти «Пролетарська диктатура» зелених насаджень станом на 01.01.03 р. становить 11,4 га., що дає змогу говорити про завершення проекту їх озеленення. Навесні 1982 р. на південно-західному схилі зазначеного терикону закладено низку дослідних ділянок з метою вивчення процесу первинного ґрунтоутворення на поверхні породних відвалів під впливом різних екологічних факторів. Дослідні ділянки № 1, 2, 3 та 4 розташовані зверху донизу відповідно у верхньому, середньому та нижньому ярусах. Площа кожної дослідної ділянки – 0,5 га. На всіх ділянках були проведені польове та лабораторне дослідження верхніх шарів материнської гірської породи.

Ділянка № 1 – розташована у верхній частині відвалу та характеризується наявністю осередків горіння гірської породи.

Ділянка № 2 – розташована в середній частині схилу біля дороги вивезення відвалової породи.

Ділянки № 3, 4 – охоплюють нижню частину північного та західного схилів.

Наступні дослідні ділянки (№ 10, 11, 12) розташовані на поверхні породного відвалу шахти ім. Кірова виробничого об'єднання «Ростоввугілля» у м. Новошахтинськ.

Ділянка № 10 – розташована у верхній частині південного схилу відвалу шахти ім. Кірова виробничого об'єднання «Ростоввугілля» у м. Новошахтинськ.

Ділянка № 11 розташована у середній частині південного схилу терикону.

Ділянка № 12 розташована у нижній частині південного схилу відвалу.

Агрохімічна характеристика верхнього шару гірської породи на дослідних ділянках у межах визначених горизонтів наведена в табл. 1. У подальшому на дослідних ділянках систематично проводився відбір зразків породи відповідно до виділених горизонтів з подальшим аналізом фракційного складу ситовим способом з визначенням польової вологи, динаміки фракційного складу та розмірів середніх часток дрібноземної (<3 мм) фракції.

Середні за розміром зразки гірської породи аналізували в лабораторних умовах з визначенням умісту основних поживних речовин (N, P, K), значень pH та інших агрохімічних показників. При проведенні як польових, так і лабораторних досліджень використані загальноприйняті методи досліджень: агрохімічні, фітоценотичні, екологічні та методи оцінки стійкості створених штучних біогеоценозів (Логгинов, 1971; Етеревская, 1978). Указані методики відповідають сучасним вимогам проведення екологічних досліджень та критеріям оцінки достовірності, про що свідчать результати обробки зібраних даних статистично-математичними методами.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результати проведених досліджень засвідчили, що об'єктивною характеристикою швидкості перебігу процесів первинного ґрунтоутворення на поверхні породних відвалів вугільних шахт у регіоні є показники швидкості вивітрювання гірських

Таблиця 1

**Характеристика верхнього шару гірської породи
на момент створення зелених насаджень**

Вугільна шахта, відвал, ділянка.	Гли- бина, см	C, %	рН витяжки		H ₂ , мг екв. 100 г	Доступні форми, мг/ 100 г рунту			
			H ₂ O	KCl		NH ₄	NO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пролетарська диктатура Відвал № 4. Ділянка № 1	0–6	1,9	4,7	4,5	6,7	3,5	13,4	19,8	15,0
	6–33	1,0	4,5	4,3	8,3	2,4	8,6	19,9	14,3
	>33	0,5	4,6	4,2	5,8	3,1	3,6	17,2	6,8
Пролетарська диктатура Відвал № 4. Ділянка № 2	0–7	2,0	4,2	3,8	4,0	0,8	1,1	12,6	13,4
	7–19	2,7	5,1	3,9	1,6	0,6	0,2	7,2	9,2
	>19	2,5	5,0	4,0	1,0	0,7	0,1	6,0	5,0
Пролетарська диктатура Відвал № 4. Ділянка № 3	0–9	4,0	4,1	3,5	5,2	0,4	0,1	20,4	15,5
	9–43	4,4	4,3	3,7	4,2	0,6	0,3	13,6	12,2
	>43	4,4	4,9	3,7	4,0	0,5	0,1	3,3	10,2
Пролетарська диктатура Відвал № 4. Ділянка № 4	0–9	4,0	4,1	3,5	5,2	0,4	0,1	20,4	15,5
	9–43	4,4	4,3	3,7	4,2	0,6	0,3	13,6	12,2
	>43	4,4	4,9	3,7	4,0	0,5	0,1	3,3	10,3
Ім. Кірова Відвал № 4. Ділянка № 10	0–8	3,2	4,1	3,2	8,8	—	—	1,6	1,9
	>8	2,5	3,7	3,0	8,3	—	—	2,0	1,7
Ім. Кірова Відвал № 4.	0–12	2,6	3,8	3,5	8,6	—	—	3,3	1,6
	12–33	3,4	3,6	3,4	9,2	—	—	0,1	1,4
Ділянка № 11	>33	4,4	3,6	3,4	8,1	—	—	1,4	1,8
Ім. Кірова Відвал № 4. Ділянка № 12	0–8	4,3	4,2	3,4	7,8	—	—	1,6	1,7
	8–30	4,4	4,3	3,8	6,0	—	—	3,4	1,6
	>30	4,7	4,4	3,6	5,8	—	—	1,6	1,2

порід та швидкості утворення фракції дрібнозему (Логгинов, 1990). Ці показники значною мірою залежать від складу відвальної маси, закономірностей її сегрегації, віку відвала та деяких інших параметрів. При цьому склад відвальної маси доволі різноманітний. В основному це аргіліти, алевроліти, мергелі, вапняки, вуглисто-глинисти та піщано-глинисти сланці, піщанники та кам'яне вугілля. Уміст останнього у відвальній масі становить 3–30 %. У верхньому шарі гірської породи відвалах домінують фракції розміром 0,25–30 мм, які становлять до 70 % маси верхнього відвального шару. Каміння розміром 30–150 мм становить 15–20 %, 150–500 мм – 8–10 % (табл. 2). Щільність ґрунтоутворюючої гірської породи дорівнює від 1,5 (вугілля) до 2,2 т/м³ (алевроліти). Середнє значення об'ємної ваги становить 0,8–1,6 т/м³, коефіцієнт розпушування – 1,15–1,45. Поверхня породних відвалах характеризується значною мозаїчністю, що передусім обумовлено формуванням відвалах гірськими породами з різних горизонтів. З іншого боку, мозаїчність поверхні відвалах обумовлена також впливом осередків горіння гірської породи, що викликають дуже високу кислотність (до значень рН = 2) та істотне зменшення у зв'язку із цим умісту органічної речовини (Логгинов, 1991). Одним з основних показників стану гірської породи на поверхні породних відвалах є щільність дрібнозему, що обумовлює глибину промочування (Попа, 1984). Швидкість ґрунтоутворення головним чином пов'язана зі швидкістю утворення дрібної фракції (< 3 мм), а також місткістю основних поживних речовин (N, P, K), кислотністю та глибиною промочування (Попа, 1984). Швидкість ґрунтоутворення головним чином пов'язана зі швидкістю утворення фракції дрібнозему (<3 мм), яку можна визначити за формулою

$$K = 100 - \frac{P_2 \times 100}{P_1} \%,$$

де K – коефіцієнт, що визначає швидкість утворення фракції дрібнозему, %;

P_1 – маса фракції дрібнозему на початковому періоді дослідження, % від загальної;

P_2 – маса фракції дрібнозему на кінець періоду проведених дослідження, % від загальної.

Іншим істотним показником є швидкість вивітрювання гірської породи, яка визначається за формулою $K_1 = \frac{P_1}{P_2} \cdot 100$, %, де K_1 – коефіцієнт швидкості вивітрювання, %;

P_1 – середній розмір частинок на початок періоду проведення досліджень, мм;
 P_2 – середній розмір частинок на кінець періоду проведення досліджень, мм.

Таблиця 2

Динаміка механічного складу верхнього 0–20 см шару гірської породи на поверхні відвалу № 4 антрацитової шахти «Пролетарська диктатура» (ділянки № 1, 2, 3, 4) та відвалу № 4 вугільної шахти ім. Кірова (ділянки № 10, 11, 12)

№ ділянки.	Рік відбору зразків	Розмір частинок, мм (%)									Середній розмір частинок, мм.	Сума частинок розміром 3 мм
		>60	60–30	30–10	10–7	7–5	5–3	3–2	2–1	1–0,25		
1	1982	33,1	8,6	12,3	11,2	7,6	9,0	5,5	6,0	3,5	3,2	44,4
	1992	22,9	8,1	15,4	13,8	9,8	9,4	5,6	6,2	5,1	3,7	38,7
2	1982	36,5	7,4	11,9	12,6	5,4	8,8	5,1	5,2	3,8	3,3	46,8
	1992	27,6	9,0	15,0	14,1	6,2	5,3	8,4	5,5	5,2	3,7	41,3
3	1982	44,5	11,3	19,1	10,2	4,6	5,1	2,0	1,2	1,0	1,0	58,7
	1992	31,9	13,3	17,6	7,3	5,2	4,0	5,9	3,8	3,1	2,7	49,8
4.	1982	41,1	12,1	15,6	5,7	4,0	5,3	4,4	5,8	3,6	2,4	54,5
	1992	39,2	12,4	15,8	5,9	4,1	5,6	4,6	6,1	3,8	2,5	51,9
10	1982	14,3	9,7	5,0	9,0	10,5	16,1	9,4	10,0	7,9	8,1	19,4
	1992	11,9	10,1	5,4	9,4	10,7	16,3	9,8	10,2	8,0	8,2	17,7
11	1982	10,5	3,6	5,9	7,3	6,2	11,0	11,6	14,4	16,5	13,0	13,5
	1992	7,9	3,9	6,2	8,0	6,4	11,5	11,9	14,5	16,7	13,0	11,4
12	1982	54,4	20,4	8,5	7,3	5,8	2,3	0,9	0,2	0,1	0,1	55,5
	1992	48,6	23,1	9,4	7,4	6,0	3,2	1,2	0,4	0,2	0,2	52,2
												2,0

Аналіз швидкості перебігу процесів вивітрювання гірських порід за десятирічний період свідчить про деякі закономірності зміни показника залежно від місця розташування ділянки на схилі, наявності рослинного покриву та середнього розміру уламків гірських порід. Так, значення K_1 для південно-західного схилу відвалу № 4 шахти «Пролетарська диктатура», який визначається впливом 7-річних насаджень акації білої, збільшується зверху донизу з 14,7 до 17,9 % при значенні 5,0 % для нижньої частини схилу за умови відсутності впливу рослинності (контроль). Остання закономірність була перевірена на незалісених ділянках на південному схилі відвалу шахти ім. Кірова, де значення коефіцієнту вивітрювання гірських порід за час проведення досліду (1982–1992 рр.) становили відповідно зверху донизу від 6,5 до 9,6 %. Щодо швидкості утворення фракції дрібнозему (< 3 мм), то тут визначені аналогічні закономірності. Так, на першому профілі на відвали шахти «Пролетарська диктатура» швидкість утворення фракції дрібнозему зверху донизу збільшилась з 19,8 до 198,0 %, порівняно з 4,9 % на контролі. На другому профілі швидкість утворення дрібнозему значно менша та дорівнює 2,3 % для верхнього ярусу і 53,8 % для нижнього. Отже, створення насаджень дерев та чагарників на поверхні породних відвалів вугільних шахт у Донбасі забезпечує значне прискорення протікання процесів ґрунтоутворення, що можна пояснити впливом біологічно-активних речовин у межах коріння насиченого шару гірської породи (Козак, 1992). Отримані результати в цілому свідчать, що в умовах Донбасу товщина шару гірської породи, у якій відбуваються процеси первинного ґрунтоутворення, обмежується максимальною глибиною промочування (Попа, 1984), яка, у свою чергу, обмежує глибину розповсюдження коріння рослин у ґрунті. Визначена закономірність свідчить про можливість управління процесом первинного ґрунтоутворення завдяки регулюванню насамперед зміною товщини коріння

проникливого шару гірської породи шляхом формування поверхні відвалів, регулювання поверхневого стоку на схилах, організації і проведення зрошення. Такі заходи можуть забезпечити значну інтенсифікацію процесів первинного ґрунтоутворення на поверхні породних відвалів вугільних шахт у регіоні. Ці висновки в цілому збігаються з нашими попередніми результатами, які були отримані ще під час вивчення впливу рослинності на стан поверхні залісених породних відвалів в умовах Центрального і Східного Донбасу (Попа, 1984, 1985, 1990; Козак, 1992). При цьому максимальна глибина промочування поверхневого шару відвальної породи териконів, визначена під час танення снігу, обумовлена кількістю вологи та визначається в межах достовірного показника рівнянням

$$\Gamma_n = 0,583 \cdot Z_e + 6,$$

де Z_e – запаси вологи в снігу, мм; Γ_n – глибина промочування верхнього шару відвальної породи, см.

Ще більш репрезентативним є залежність товщини горизонту вмивання (T_{us}) від максимальної глибини промочування верхнього шару гірських порід (Γ_n), що описується в межах достовірного показника рівнянням $\Gamma_n = 0,07 T_{us}$

Певною мірою глибина промочування гірської породи залежить від ступеня її розкладення, що, у свою чергу, обумовлює зменшення об'ємної ваги. У процесі проведення досліджень установлено достовірну залежність між повною польовою вологостю (B_n) та об'ємною вагою (B_o) гірської породи, яка описується рівнянням $B_n = 0,051 B_o + 68$.

Це підтверджується також достовірною залежністю між середніми розмірами фракції відвальної породи (C_ϕ) та її об'ємною вагою (B_o), яка виражена рівнянням: $B_o = \log C_\phi + 1,38$.

Наведені закономірності свідчать про взаємозв'язок між основними показниками стану гірської породи та швидкістю первинного ґрунтоутворення.

Руйнування уламків гірської породи під впливом температури, вологи, механічної дії тіл під час сегрегації, живих істот та інших факторів обумовлює зменшення розмірів середньої фракції (P) та відповідно збільшення площи їх поверхні (Π_n), що в

$$\text{межах достовірного описується рівнянням } \Pi_n = 13,06 + \frac{1}{P}.$$

Збільшення сумарної площи поверхні уламків гірських порід у процесі вивітрювання обумовлює інтенсифікацію процесів їх подальшої трансформації. Насамперед це проявляється в збільшенні інтенсивності впливу хімічних речовин та відповідно до цього прискорення диференціації верхнього шару відвальних порід на горизонті. При цьому істотно впливають біологічно-активні речовини, що виділяють коріння рослин, які попадають у товщу гірської породи в процесі розкладання решток біологічного походження (Попа, 1990; Козак, 1992). Звільнення хімічних речовин під час руйнування гірських порід обумовлює інтенсифікацію перебігу хімічних процесів, передусім окислювально-відновлювальних (Етеревская, 1978). Наявність у гірській породі хімічних сполук, таких як пірит, які активно окислюються, обумовлює виділення значної кількості теплової енергії, що може привести до самозапалювання відвалів. З іншого боку, нагрівання відвальної породи може спричинити прискорення протікання хімічних реакцій та за деяких умов привести до спікання гірської породи у великих за розміром моноліти. Значна місткість таких хімічних речовин, як залізо (до 55 % за масою), сірка (до 15 %), вуглець (до 30 %) та деяких інших, таких як Si, Al, Cu, обумовлює своєрідність умов ґрунтоутворення на поверхні породних відвалів у регіоні, оскільки часто ці хімічні сполуки є токсичними для живих істот. Отже, у цих умовах не завжди можна створювати повноцінні насадження дерев і чагарників, посіви трав'яних рослин. Це пояснює також те, що створені на поверхні породних відвальів насадження з часом всихають (табл. 3). У цілому цю проблему можна розв'язати шляхом покращення гідрологічного режиму верхнього шару гірської породи зрошенням, проведеним робіт із затримання опадів, зменшення інтенсивності стоку води з поверхні (Логгинов, 1971).

Таблиця 3

Динаміка продуктивності органічної маси та санітарного стану насаджень акації білої, створених 1975 р. на поверхні середнього ярусу південного схилу породного відвалу № 7 шахти «Пролетарська диктатура» у перерахунку на 1 га

Вік насадження	Рік проведення дослідження	Фітомаса в абсолютно-сухому стані, т/га*			Річний відпад фітомаси, т/га			% збереження дерев	% хворих і сухих дерев від висаджених	Клас бонітету			
		Загальна	у т.ч. частини:		Загальна	у т.ч. частини:							
			Підземна	Надземна		Підземна	Надземна						
6	1981	4,9	2,9	2,0	1,6	0	1,6	88	0,2	Iв			
7	1982	6,7	3,8	2,9	2,2	0,1	2,1	86	3,7	Iб			
8	1983	9,3	5,1	4,2	3,2	0,3	2,9	81	9,4	Ia			
9	1984	13,	6,0	7,9	4,4	0,5	3,9	79	12,6	I			
10	1985	9	9,9	14,6	5,5	0,7	4,8	65	19,8	I			
11	1986	24,	11,3	22,5	5,6	0,8	4,8	58	24,5	II			
12	1987	5 33, 8 41, 3	14,6	26,7	6,8	1,2	5,6	47	37,9	II			

* З урахуванням річного відпаду.

Це істотно покращує умови росту та розвитку рослин (Попа, 1984), які обумовлюють збільшення інтенсивності процесів ґрунтоутворення, що підтверджується результатами закладених нами дослідів.

ВИСНОВКИ

Як підсумок проведених досліджень, можна зробити такі висновки:

1. Процес первинного ґрунтоутворення на поверхні породних відвалів вугільних шахт Донбасу відбувається повільно та значною мірою залежить від швидкості вивітрювання гірських порід та швидкості утворення фракції дрібнозему (< 3 мм).

2. Швидкість перебігу процесів первинного ґрунтоутворення на поверхні породних відвалів вугільних шахт можливо оцінювати за коефіцієнтом вивітрювання гірських порід (K) та коефіцієнтом утворення фракції дрібнозему (K_1), які є показниками ефективності дії екологічних факторів первинного ґрунтоутворення на поверхні відвалів.

3. Швидкість процесу первинного ґрунтоутворення на поверхні породних відвалів вугільних шахт в Донбасі можна прискорювати створенням насаджень дерев та чагарників, посівом трав'янистої рослинності, проведенням заходів з оптимізації водного режиму, оптимізації балансу основних поживних речовин та внесення меліорантів.

4. У цілому процес первинного ґрунтоутворення на поверхні породних відвалів вугільних шахт в Донбасі може бути керованим шляхом управління основними екологічними процесами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Генчева С. Некоторые особенности начального почвообразовательного процесса на техногенных субстратах / С. Генчева // Биологическая рекультивация нарушенных земель. Тезисы докладов Международного совещания. Екатеринбург, 26–29 августа 1996 г. – Екатеринбург : Изд-во Уральского отд. РАН, 1996. – С. 32.

Етеревская Л. В. Общее направление почвенных и агрохимических исследований при решении задач биологической рекультивации / Л. В. Етеревская, А. Д. Михновская, В. А. Уголова // Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. – М. : Наука, 1978. – С. 105–114.

Козак А. В. Роль выветривания отвальных пород антрацитовых шахт Донбасса а процессе первичного почвообразования / А. В. Козак, Ю. Н. Попа, М. В. Сбитная // Оптимизация лесовыращивания. Сб. научных трудов Украинской СХА. – К. : Изд. Украинской СХА, 1992. – С. 98-107.

Логгинов Б. И. Возможности озеленения терриконов Донбасса / Б. И. Логгинов // Растения и промышленная среда. – К. : Наук. думка, 1971. – С. 124-128.

Логгинов Б. И. Подстилка в лесных насаждениях на терриконах антрацитовых шахт Донбасса / Б. И. Логгинов, Ю. Н. Попа, А. В. Козак и др. // Известия вузов: Лесной журнал. – 1991. – № 1. – С. 117-118.

Махонина Г. И. Почвообразование в техногенных экосистемах Урала / Г. И. Махонина // Биологическая рекультивация нарушенных земель. Тезисы докладов Международного совещания. Екатеринбург, 26–29 августа 1996 г. – Екатеринбург : Изд-во Уральского отд. РАН, 1996. – С. 103-104.

Моторина Л. В. Экологические основы рекультивации земель / Л. В. Моторина, А. И. Савич, Л. Х. Таймуразова и др. – М. : Наука, 1985. – 183 с.

Панков Я. В. Почвоулучшающая роль лесных насаждений на нарушенных землях КМА / Я. В. Панков, Э. М. Трещевский, В. Е. Боев // Биологическая рекультивация нарушенных земель. Тезисы докладов Международного совещания. Екатеринбург, 26–29 августа 1996 г. – Екатеринбург : Изд-во Уральского отд. РАН, 1996. – С. 116-117.

Попа Ю. Н. Технология биологической консервации терриконов угольных шахт Донбасса / Ю. Н. Попа. – К. : Изд-во Украинской СХА, 1991. – 26 с.

Попа Ю. Н. Накопление и отпад органической массы в защитно-декоративных лесонасаждениях акации белой на терриконах угольных шахт Донбасса / Ю. Н. Попа, А. В. Козак, Л. С. Киричек и др. // Лесовосстановление и защитное лесоразведение. Сборник научных трудов Украинской СХА. – К. : Изд-во Украинской СХА, 1990. – С. 76-82.

Попа Ю. Н. Средоулучшающая роль защитно-декоративных насаждений на отвалах угольных шахт и обогатительных фабрик в Донбассе / Ю. Н. Попа, А. В. Козак, В. Н. Моисеенко и др. // Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции «Многоцелевое использование и расширенное воспроизводство лесных ресурсов в Украинской ССР на основе региональной программы «Лес». – Винница, 1985. – С. 34-36.

Попа Ю. Н. Мощность корнеобитаемого слоя почвы как показатель интенсивности взаимодействия растительности и грунта на терриконах / Ю. Н. Попа, А. В. Козак, В. Г. Скорик и др. // Тезисы докладов Всесоюзной конференции «Средоулучшающая роль леса». – Новосибирск, 1984. – С. 143-144.

Сукачев В. Н. Программа и методика биогеоценотических исследований / В. Н. Сукачев, Н. В. Дылпис, Ю. Л. Раунер и др. – М. : Наука, 1974. – 402 с.

Шугалей Л. С. Первичное почвообразование на отвалах вскрышных пород / Л. С. Шугалей // Биологическая рекультивация нарушенных земель. Тезисы докладов Международного совещания. Екатеринбург, 26–29 августа 1996 г. – Екатеринбург : Изд-во Уральского отд. РАН, 1996. – С. 170-172.

Эмлин Э. Ф. Техноземы как продукты геотехнических систем горнопромышленного класса / Э. Ф. Эмлин // Биологическая рекультивация нарушенных земель. Тезисы докладов Международного совещания. Екатеринбург, 26–29 августа 1996 г. – Екатеринбург : Изд-во Уральского отд. РАН, 1996. – С. 50-52.

Надійшла до редколегії 16.02.10

ЛІСОВА ГІДРОЛОГІЯ

УДК 630*416

О. В. Котович

ВПЛИВ СОСНОВИХ БІОГЕОЦЕНОЗІВ НА РЕЖИМ ТА БАЛАНС ГРУНТОВИХ ВОД НА ПІЩАНІХ ТЕРАСАХ ДОЛИНИ р. САМАРИ ДНІПРОВСЬКОЇ

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара

Надано характеристику режиму ґрунтових вод, що залягають у межах борових біогеоценозів долини ріки Самари. Розраховано основні складові балансу ґрунтових вод, включаючи їх кількість, що використовується сосновими біогеоценозами протягом вегетаційного періоду.

Ключові слова: режим та баланс ґрунтових вод, сосновий біогеоценоз, підземний стік.

А. В. Котович

Dnepropetrovskiy nauchnoy universitet im. O. Gonchara

ВЛИЯНИЕ СОСНОВЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ НА РЕЖИМ И БАЛАНС ГРУНТОВЫХ ВОД
НА ПЕСЧАНЫХ ТЕРРАСАХ ДОЛИНЫ р. САМАРЫ ДНЕПРОВСКОЙ

Дана характеристика режима грунтовых вод, залегающих в пределах боровых биогеоценозов долины р. Самары. Рассчитаны основные составляющие баланса грунтовых вод, включая их количество, потребляемое сосновыми биогеоценозами в течение вегетационного периода.

Ключевые слова: режим и баланс грунтовых вод, сосновый биогеоценоз, подземный сток.

A. V. Kotovich

O. Gonchar Dnipropetrovsk National University

THE INFLUENCE OF PINE ECOSYSTEMS ON THE CONDITIONS AND THE BALANCE
OF UNDERGROUND WATERS ON THE SANDY TERRACES
OF SAMARA DNIPROVSKA RIVER VALLEY

The description of the conditions of underground waters occurred in upland ecosystems of Samara River valley is presented. The fundamental components of underground waters balance are computed, including their quantity, consumed by pine ecosystems during the vegetation period.

Keywords: conditions and balance of underground waters, pine ecosystem, underground flow.

Вивчення водного режиму соснових фітоценозів присвячено багато робіт. Фундаментальні дослідження в цьому напрямі викладені в роботах О. О. Молчанова (1952, 1970), М. О. Воронкова (1963, 1973), у яких авторами на підставі великого експериментального матеріалу дано оцінку гідрологічної ролі соснових лісів на піщаних ґрунтах. Впливу соснових насаджень на вміст ґрунтової води присвячені дослідження С. В. Зонна (1959), О. Г. Гаеля (1952), М. Ф. Кулика (1960), В. В. Ільїнського (1966), Є. Г. Петрова (1983). окремі роботи проводились щодо дослідження впливу глибини залягання ґрунтових вод на продуктивність соснових фітоценозів. Так, П. С. Погребняк (1951) максимальну продуктивність соснових лісів у різних едафогідрологічних умовах України зареєстрував при положенні рівня ґрунтових вод

1–1,5 м від поверхні. П. В. Литвак (1968), досліджуючи особливості зростання сосни в різних гігротопах українського Полісся, прийшов до висновку, що сосна використовує ґрутові води в тому випадку, коли вони розташовані на порівняно невеликій глибині – 1,2–3,0 м.

На підставі аналізу режиму ґрутових вод О. Г. Гаель (1971) прийшов до висновку, що нормальні ріст і розвиток сосни в посушливих областях можуть забезпечити лише ґрутові води, якщо їх рівень залягання розташовується не нижче 180–200 см. В умовах Присамар'я Дніпровського елементи водного режиму в соснових біогеоценозах досліджувались Л. П. Травлеєвим (1977).

Разом із цим до цього часу залишилася низка невирішених питань, які пов'язані з даною проблемою і які потребують свого вирішення. Так, у Самарському борі соснові насадження нормально ростуть і розвиваються при глибині залягання ґрутових вод від 1,5 до 8,0 м, тому питання оптимальної глибини залягання ґрутових вод у даних кліматичних і геоморфологічних умовах залишається відкритим. Науковий і практичний інтерес являє собою також кількісне споживання ґрутових вод сосновими біогеоценозами в умовах Присамар'я. До окремого питання можна віднести рівень залягання ґрутових вод у зв'язку з пірогенними явищами, які мали місце в Самарському борі літом 2010 р., оскільки саме глибина розташування дзеркала ґрутових вод визначає гідрологічний режим піщаних терас і гальмуючий вплив лісорослинних умов на інтенсивність лісових пожеж. Нарешті, існує необхідність розрахунку стоку ґрутових вод з території Самарського бору, а також його дольової участі в загальному річковому стоку.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводились у межах пробних площ Присамарського біосферного науково-дослідного стаціонару Дніпропетровського національного університету протягом 1990–2010 р. У даній роботі представлені результати спостережень з 2001-го по 2008 рік. Пробні площини знаходяться в нижній частині течії р. Самари, у межах двох генеральних геоморфологічних профілів, що розташовані перпендикулярно до русла ріки.

В основу методологічного підходу до дослідження еколо-гідрологічних особливостей соснових біогеоценозів покладено вчення В. М. Сукачова (1961) про біогеоценоз. Типологічна характеристика соснових біогеоценозів надана згідно з типологією О. Л. Бельгарда (1950). Дослідження режиму ґрутових вод проводили в спостережних свердловинах за допомогою мірної стрічки із «хлопавкою». Точність вимірювання становила 1–2 мм. При наданні характеристики типу режиму ґрутових вод та його структури використовували методи аналізу, що викладені в працях Г. М. Висоцького (1962) та О. О. Коноплянцева (1963). Розрахунок основних балансових складових ґрутових вод проводили за методами, запропонованими М. Ф. Куліком (1956, 1960), М. О. Воронковим (1963, 1973) та О. В. Лебедевим (1963). При наданні характеристики геологічної будови піщаних терас використовували дані, отримані Л. П. Травлеєвим (1972). Визначення продуктивності стовбурної деревини проводили за стандартними методиками лісотаксаційних досліджень (Анучін, 1977). Лісистість визначали як відношення площині лісовкритої території до загальної водо-збирної площині басейну р. Самари.

Загальна площа, що зайнята сосновими лісами, становить близько 7 605 га, або 68 % лісовкритої площині Самарського бору. Серед них переважають штучні насадження із середньою зімкнутістю і повнотою (0,6–0,7). Середній вік сосни – 50–70 років.

Соснові насадження виростають на піщаних, дерновоборових, алювіальних ґрунтах, які за своїм походженням відносяться до давньоалювіальних відкладів, що утворилися в післябульську стадію Вюрмського зледеніння (Бельгард, 1971). Хороша пристосованість сосни до різних ґрутово-гідрологічних умов визначає наявність типологічної різноманітності лісових біогеоценозів, що відрізняються за будовою і продуктивністю. Так, згідно з типологією природних лісів (Бельгард, 1950) соснові

насадження Самарського бору залежно від градацій зволоження розділяються на сім типів: від сосняків лишайниковых – тип лісу АВ₀, що формуються на сухих піщаних ґрунтах, до сосняків сфагновых – тип лісу АВ₅, які пристосовані до знижених ділянок, де кореневі системи знаходяться в безпосередньому kontaktі із ґрутовими водами.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Режим та баланс ґрутових вод, що залягають в умовах різнотравно-сухуватого бору, тип лісу – АВ₀₋₁, досліджували в межах 212-ї стаціонарної пробної площини. Сезонна рівнева динаміка ґрутових вод тут найчіткіше виявляється в зимово-весняних підйомах, весняно-осінніх спадах та осінніх підйомах при відносно стабільному зимовому положенні під час промерзання верхніх ґрутових горизонтів (рис. 1). Указаний періоди знаходяться між датами першого зимового мінімуму, весняного максимуму, осіннього мінімуму і другого зимового мінімуму.

Початок зимово-весняних підйомів, як правило, припадає на другу – третю декаду жовтня, а закінчення – на третю декаду квітня або першу декаду травня. Тривалість цього періоду в середньому становить 120 діб. Середня амплітуда підйомів за період дослідження – 56 см, при цьому середня швидкість – 0,32 мм/добу. В окремі роки при промерзанні верхніх ґрутових горизонтів – зима 2001–2002 р. – у цей період відмічається спад рівня ґрутових вод. При цьому амплітуда зниження сягає 4 см, а середня швидкість 0,75 мм/добу. Витратна частина балансу ґрутових вод у цей час визначалась лише боковим відтоком, тому цю величину можна прийняти як постійно діючу складову в загальному балансі ґрутових вод у межах цієї ділянки. Перевівши показники бокового відтoku в абсолютні значення, отримуємо шар стоку за одиницю часу, яка дорівнює 0,18 мм/добу, або 65,7 мм/рік.

Періоди гідрологічного року

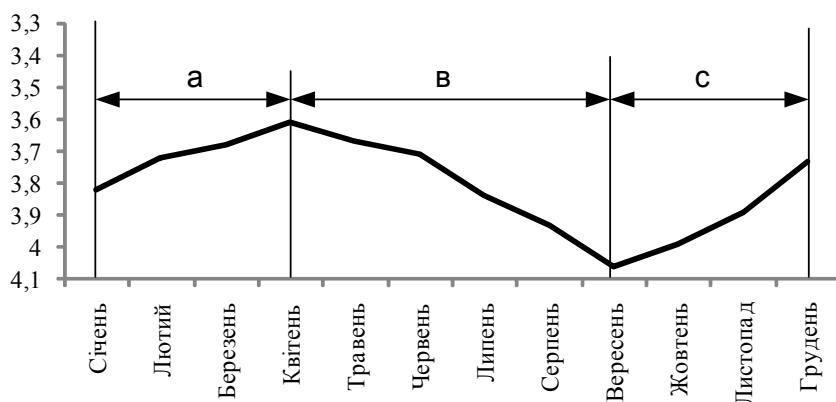


Рис. 1. Принципова схема внутрішньорічної структури рівневого режиму ґрутових вод у межах борових біогеоценозів

Періоди: а – зимово-весняного підйому; в – весняно-осіннього спаду; с – осіннього підйому.

Спад рівня під час зимово-весняних підйомів – явище виключне, у більшості випадків відсутність стійкого снігового покриву та промерзання верхніх горизонтів ґрунтів починаючи з 2002 року сприяли безперервній інфільтрації атмосферних опадів до ґрутових вод, через що в цей період тут спостерігався стабільний ріст їхнього рівня.

Весняно-осінній спад рівня триває від 5 до 6 місяців і слідує відразу (майже без затримки) за періодом осінньо-весняних підйомів. Падіння рівня відбувається повільно при середній швидкості 0,33 мм/добу і продовжується в середньому шість місяців (180 діб). Середня амплітуда зниження рівня в цей період становить 55 см. У цей період під час липневих зливових опадів падіння рівня призутиється або відбувається

ся поповнення ґрунтових вод, що може тривати декілька діб, після чого процес падіння знову поновлюється. У цілому в цей період загальні витрати ґрунтових вод перевищують інфільтрацію майже в 3 рази.

Підйом рівня ґрунтових вод під час осіннього періоду починається з моменту зниження і затухання процесів випаровування і десукційної діяльності рослинного покриву, у середньому з другої або третьої декади жовтня і триває від 90 до 110 діб.

Річна амплітуда коливання рівня тут під час досліджень знаходилась у межах 0,45–0,67 м. Річна динаміка рівня має компенсаційний характер і впродовж року змінюється в інтервалі від 3,32 до 4,27 м (рис. 2).

Підсумовуючи аналіз рівневого режиму ґрунтових вод у сухувато-різновідному борі, слід зазначити, що його динаміка визначається позитивними температурами холодного періоду року, атмосферними опадами, а також високими літніми температурами. Відносна близькість до денної поверхні рівня ґрунтових вод обумовлює їхню участю у загальному водному балансі даних місцевостань, а також доступність для споживання лісовими біогеоценозами. Тому доцільно розглянути основні балансові складові ґрунтових вод у межах цієї пробної площини.

Прибуткова частина балансу ґрунтових вод тут формується за рахунок інфільтрації атмосферних опадів і частково з нижчезаштованих напірних водоносних горизонтів (Травлеев Л. П., 1977; Погребной, 1998). Легкий однорідний механічний склад, високі інфільтраційні властивості та мала водотривка здатність піщаних ґрунтів сприяють проникненню атмосферної вологої до ґрунтових вод. Поповнення запасів ґрунтових вод тут відбувається в міжвегетаційний період (98 %) і починається з моменту зниження і затухання процесів випаровування і десукційної діяльності рослинного покриву. У середньому прибуткова частина річного балансу становить 93,6 мм, змінюючись від 68 до 124 мм. За весь період спостережень у ґрунтові води надійшло 561 мм вологої, або 13,5 % від кількості опадів, що випали за цей період. Незважаючи на сприятливі фільтраційні властивості піщаних ґрунтів, цей показник майже в 2,5 разу нижче, ніж у заплавних дібровах, що пов'язано із більшими водотривкими властивостями крон *Pinus silvestris*, а також підстилки.

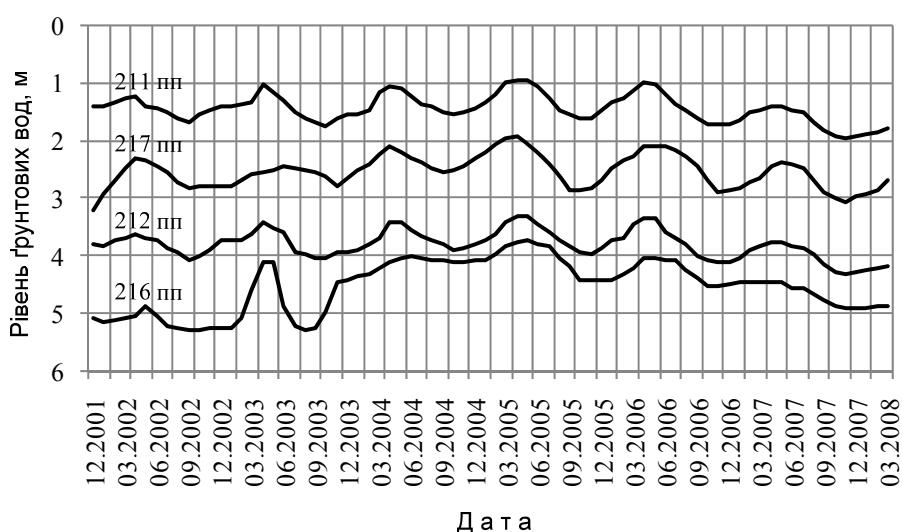


Рис. 2. Річна динаміка рівня ґрунтових вод у межах соснових біогеоценозів

Витратна частина лише на 76 % формується під час вегетаційного періоду, остання частина – 24 % – припадає на міжвегетаційний період і пов'язана із швидкістю акумуляції гравітаційної вологої у водовмісній товщі після вегетаційного періоду. Максимальна величина вироблення ґрунтових вод – 136 мм спостерігалась у 2006–

2007 гідрологічному році. За строками це збігається з періодом найнижчого забезпечення опадами літніх місяців під час описаного періоду. Мінімальні показники зменшення запасів ґрунтових вод становили 86 мм у 2003–2005 гідрологічному році, це також було пов’язано з літніми атмосферними опадами. Так, під час досліджень зі всіх гідрологічних років за три літніх місяця у цьому році випала рекордна кількість опадів – 304 мм. Це дозволяє зробити висновок, що інтенсивність падіння рівня в літній період, крім температурних показників, пов’язана з опадами відповідного періоду. Однак слід зазначити, що забезпеченість опадами в літній період лише призупиняє процес падіння рівня, і прибуткова частина балансу залишається з негативною динамікою. У середньому за рік витратна частина балансу становила 106,5 мм.

Кількість витрат ґрунтових вод унаслідок десуції біогеоценозом за вегетаційний період тут коливається в межах 112,6–66,9 мм і в середньому становить 88 мм. Більша частина витрат під час вегетаційного періоду припадає на липень (табл. 1), що пов’язано з максимальними середньомісячними температурними показниками цього місяця.

Режим ґрунтових вод у більш зволожених ділянках борового комплексу досліджувався на пробній площині № 211 у межах першої надзаплавної тераси у зниженні ділянці рельєфу. Тут формуються найбільш продуктивні лісові біогеоценози. Тип лісу – за типологією природних лісів О. Л. Бельгарда – свіжа субір (B_{1-2}). Цей тип лісу в загальних рисах нагадує свіжі бори (тип лісу – AB_2), але відрізняється більш родючими ґрунтами, завдяки чому тут оселяється *Quercus Robur*.

Перевищення над рікою становить +7,5 м. Глибина спостережливої свердловини – 4,5 м. Рівень ґрунтових вод – з 1,5 м. Тип лісорослинних умов – супісок свіжий. Світлова структура – напівосвітлена. Перший ярус цього біогеоценозу складає сосна звичайна, у другому ярусі дуб звичайний, береза повисла. У підліску – клен гостролистий, липа серцелиста, бересклет звичайний. Лісотипологічна формула

$$B_{1-2} \frac{C\pi_{1-2}}{Hapivosc. III} 7C.38.3D.38. \text{ Вік сосни} - 40-60 \text{ років. Середня висота насаджен-} \\ \text{ня} - 30 \text{ м. Висота другого ярусу} - 6-7 \text{ м. Зволоження} - \text{атмосферно-ґрунтове. Товща} \\ \text{ґрунтів представлена супісками, що із глибиною переходят до дрібнозернистих,} \\ \text{кварцових пісків з ділянками оглесності. Підстилка цілісна, складена сухим листям і} \\ \text{хвоєю, слабкодиференційована по шарах потужністю 4,9 см. Ґрунти дерново-борові,} \\ \text{малогумусові.}$$

Таблиця 1
Витрата ґрунтових вод (мм) у сухуватому борі (пробна площа № 212)

Місяць	Гідрологічний рік					
	2002	2002–2003	2003–2005	2005–2006	2006–2007	2007–2008
Червень	7,9	14,08	24,64	21,12	40,48	12,32
Липень	25,7	56,32	21,12	28,16	22,88	8,8
Серпень	17,8	10,56	12,32	21,12	15,84	15,84
Вересень	25,7	8,8	10,56	21,12	33,44	29,92
За сезон	77,2	89,8	68,6	91,5	112,6	66,9
% від Σ	87,55	81,75	79,44	78,22	82,34	66,35

Тривалість гідрологічного року в межах указаної пробної площині сягає 12–13 місяців. Сезонна динаміка рівня ґрунтових вод у межах описаної пробної площині так само, як і в сухому борі, характеризується наявністю трьох періодів (рис. 1): період зимово-весняного підйому, період весняно-осіннього спаду, період осіннього підйому при відносно стабільному зимовому положенні під час промерзання верхніх ґрунтових горизонтів.

Початок періоду зимово-весняних підйомів припадає на другу – третю декади січня, а закінчення – на середину або кінець третьої декади травня. Тривалість цього

періоду коливається від 3 до 4 місяців. Середня амплітуда підйомів за період досліджень – 35,4 см, при цьому середня швидкість підйому – 0,38 мм/добу. Швидкість зниження рівня ґрунтових вод під час промерзання верхнього шару ґрунту тут близька до показників попередньої ділянки і становить 0,73 мм/добу, або 0,18 мм/добу шару води. Відповідно за рік цей показник становить 65,7 мм.

Весняно-осінній спад рівня триває від 5 до 7 місяців і слідує відразу за періодом зимово-весняних підйомів. Падіння рівня тут відбувається більш швидко, ніж на ділянках з більш глибоким заляганням рівня ґрунтових вод. Середня швидкість падіння – 0,28 мм/добу, що на 0,05 мм/добу перевищує аналогічні показники на пробній площині № 212. Середня амплітуда зниження рівня в цей період – 58 см. Падіння рівня в цей період протікає не рівномірно, а має пульсуючий характер, при цьому швидкість падіння змінюється від 0,2 до 0,43 мм/добу. Пульсація швидкості падіння рівня в цьому випадку, на нашу думку, тісно пов’язана із потужністю зони аерації, яка впливає на швидкість вертикального водообміну як у прямому, так і в зворотному напрямку.

Початок періоду осіннього підйому припадає на третю декаду вересня – першу декаду жовтня. У 2006–2007 рр. початок цього періоду змістився на третю декаду листопада або першу декаду грудня. Період осіннього підйому найменш тривалий з періодів гідрологічного року і може тривати від 1 до 3 місяців. Підняття рівня в цей період в середньому становить 16,5 см. В окремі роки (2006 р.) підйом може не відмічатися зовсім. У 2006–2007 гідрологічному році цей показник становив 3 см. Річна динаміка рівня має компенсаційний характер і під час досліджень змінюється від 0,96 до 1,94 м (рис. 2). Таким чином, аналіз рівневого режиму ґрунтових вод у суборових біогеоценозах показав, що їх динамічність тісно пов’язана із сезонними показниками і визначається в першу чергу атмосферними опадами. Більш детальну характеристику ґрунтових вод можна отримати за допомогою балансових розрахунків.

Аналіз основних кількісних величин балансу показав, що позитивна динаміка в загальнорічному балансі закінчується в кінці березня – на початку квітня. Стійке поповнення починається в листопаді і пов’язане із затуханням процесів фізичного і фізіологічного випарування. Інфільтраційне живлення рік від року неоднакове і коливається від 59 до 129 мм. Усього за весь період досліджень у ґрунтові води надійшло 565 мм вологи, що становить 14,9 % від опадів, що випали за відповідний період. Цей показник майже на 2 % більший, ніж на попередній пробній площині, що цілком узгоджується із глибиною залягання ґрунтових вод.

Сумарне випарування менш динамічне, ніж інфільтраційне живлення, і змінюється від 82 до 129 мм. Загальна сума витрат ґрунтових вод за період досліджень – 644 мм. Витрата ґрунтових вод майже на 100 % припадає на вегетаційний період. Лише в 2006–2007 і 2007–2008 гідрологічних роках негативна динаміка балансу збереглась до кінця жовтня. При цьому частина витрат ґрунтових вод, що спостерігалась у жовтні, становила 2,7 і 3,4 % від загальнорічних витрат. Це свідчить про те, що падіння рівня ґрунтових вод у межах даної пробної площині протягом вегетаційного періоду обумовлене лише десуційною дільністю деревинної рослинності. Фізичне випарування і боковий відтік надають мінімальний вплив на загальні запаси ґрунтових вод.

У результаті перевищення загального випарування над інфільтрацією запаси ґрунтових вод до кінця періоду досліджень зменшились на 79 мм, що потягло за собою зниження рівня ґрунтових вод.

Кількісна характеристика величини споживання ґрунтових вод даним типом біогеоценозу (табл. 2) показує, що максимальні і мінімальні значення знаходяться в межах 55–113 мм, а в середньому цей показник під час досліджень становив 88 мм, що майже на 11 мм більше, ніж у сухуватому борі. Більша частина витрат – 30 % від загальних витрат за сезон припадає, як і в сухуватому борі, на липень, але в цілому, як уже згадувалось, 98 % витрат формується під час вегетаційного періоду, що майже на 20 % більше, ніж на згаданій пробній площині. Основні відмінності цих пробних

площ полягають у певних геоморфологічних особливостях. Якщо ділянка із сухуватим бором розташована на куполоподібному піднесенні, то ділянка субору являє собою знижену замкнуту поверхню із більш повільним боковим відтоком. Це дозволяє зробити висновок, що на динаміку балансу ґрунтових вод крім рослинного покриву і кліматичних показників надають вплив і геоморфологічні особливості місцевості.

Режим ґрунтових вод, що залягають в умовах сухого бору, досліджувався на стаціонарній пробній площині № 216, яка знаходиться в створі першого геоморфологічного профілю у межах першої надзаплавної тераси. Відмітки поверхні відносно ріки сягають +12,5 м. Глибина свердловини – 9,0 м. Рівень ґрунтових вод – з 4,7 м. Товща ґрунтів представлена дрібнозернистими кварцовими пісками. Назва ґрунту – дерново-борові, малогумусові.

Таблиця 2

Витрати ґрунтових вод (мм) у свіжій суборі (пробна площа № 211)

Місяць	Гідрологічний рік					
	2002	2002–2003	2003–2005	2005–2006	2006–2007	2007–2008
Червень	7,68	24,96	23,04	17,28	32,64	15,36
Липень	15,36	40,32	24,96	38,4	30,72	7,68
Серпень	15,36	19,2	11,52	42,24	21,12	32,64
Вересень	17,28	9,6	15,36	11,52	28,8	24,96
За сезон	55,68	94,08	74,88	109,44	113,28	80,64
% від Σ	67,2	72,6	84,9	95,0	87,4	81,5

Тип лісу за типологією природних лісів О.Л. Бельгарда – AB₀ (сухий бір). Древостан – сосна звичайна природного походження віком 60–70 років. Лісотипологічна формула AB₀ $\frac{P_0}{Hanivosc. III}$ 10C.38. Тип екологічної структури напівосвітлений, четвертого вікового ступеня. Зімкнутість 0,6.

Тривалість гідрологічного року тут триває в середньому 12 місяців. Сезонна динаміка рівня ґрунтових вод у межах описаної пробної площині характеризується наявністю трьох суміжних періодів: період зимово-весняного підйому, період весняно-осіннього спаду, період осіннього підйому при відносно стабільному низькому осіньо-зимовому положенні рівня.

Період зимово-весняних підйомів тут розташовується між зимовим мінімальним та весняним максимальним положенням рівня і починається з першої або другої декади лютого. Тривалість цього періоду в середньому сягає 3,5 місяця, середня амплітуда підйому – 35 см, а середня швидкість – 0,38 мм/добу. Середній показник бокового відтoku становить 0,16 мм/добу, або 58,4 мм за рік.

Період весняно-осіннього спаду знаходиться між квітнем і листопадом і триває від 5 до 6 місяців. У цей період відмічається найбільша амплітуда коливання рівня ґрунтових вод – 117 см (2003 р.). У середньому амплітуда падіння сягає 68 см, а середня швидкість цього процесу – 4,5 мм/добу. Найменші показники падіння рівня в цей період нами були зафіксовані в 2007–2008 рр. – 41 см, але при цьому процес падіння проходив на фоні загальнорічного падіння рівня ґрунтових вод.

Початок періоду осіннього підйому припадає на другу декаду жовтня і триває від трьох до п'яти місяців. Середні значення підйому в цей період – 24 см, середня швидкість – 2 мм/добу.

Річна амплітуда коливання рівня тут під час досліджень знаходилась у межах 0,26–1,25 м. Річна динаміка рівня не відповідає компенсаційному типу, про що свідчить невідповідність амплітуди підйомів та спадів (рис. 2). Однак при цьому зміни рівня, як показала статистична обробка даних, не пов’язані із рівневими процесами у р. Самарі. Асиметрію в рівневій динаміці тут можна пов’язати із наслідками діяльності

сті водозабору, який знаходитьться в с. Вербки, у 7 км від розташування спостережної свердловини. Так, за деякими даними (Савицький, 2006), об'єм щодобового водозабору сягає 2 тис/м³. У результаті створюється депресійна воронка із загальним зниженням рівня ґрунтових вод. Це не може не позначитися на режимі та балансі ґрунтових вод цієї ділянки.

Таким чином, можна зазначити, що рівневий режим ґрунтових вод у межах описаної ділянки характеризується як терасовий, декомпенсаційний, а на його динаміку впливають крім температурних показників і атмосферних опадів поточного року ще й діяльність антропогенного характеру.

Аналіз основних балансових складових ґрунтових вод показав, що поповнення запасів ґрунтових вод у загальнорічному балансі відбувається з листопада по квітень. Інфільтраційне живлення тут зі всіх досліджуваних пробних площ має найнижчі показники і коливається в межах 13–76 мм за сезон і в середньому становить 52 мм. Рештка опадів іде на поповнення дефіциту вологи в зоні аерації ґрунту. Літом відбувається інтенсивне вироблення ґрунтових вод, яке перевищує інфільтрацію майже в 40 разів. Ріст рівня починається з моменту затухання випаровування і десуційної діяльності рослинного покриву.

Згідно з нашими дослідженнями атмосферне живлення восени в середньому становило 8,7 мм, змінюючись від 29 мм до нульових відміток. Усього за період спостережень у ґрунтові води надійшло 316 мм вологи, або 10 % від опадів, що випали за відповідний період. Загальна витрата – 445 мм. У результаті цього рівень ґрунтових вод знизився на 83 см по відношенню до його положення на початковий період спостережень.

Із загальних витрат ґрунтових вод на транспірацію рослинним покривом під час вегетаційного періоду доводиться в середньому 40 мм вологи (табл. 3). Найменша частина витрат ґрунтових вод під час вегетаційного періоду припадає на роки з максимальною кількістю опадів теплого періоду року, як це було в 2003 – 2005 гідрологічному році. При цьому частка витрат ґрунтових вод біогеоценотичним покривом тоді становила майже дві третини від загальнорічних витрат. Рештка частини потреб у воді тут забезпечується вологовою із зони аерації ґрунту. Це свідчить про зниження процесів фізичного випаровування із ґрунтових вод у роки з підвищеною від норми кількістю опадів.

Таблиця 3

Витрата ґрунтових вод у сухому борі (пробна площа № 216)

Місяць	Гідрологічний рік					
	2002	2002–2003	2003–2005	2005–2006	2006–2007	2007–2008
Червень	2,72	16,32	2,72	9,52	1,36	12,24
Липень	19,04	1,36	4,08	6,8	2,72	1,36
Серпень	5,44	8,16	2,72	25,84	21,76	14,96
Вересень	8,16	12,24	2,72	21,76	21,76	16,32
За сезон	35,36	38,08	12,24	63,92	47,6	44,88
% від Σ	56,2	46,7	72,0	53,0	59,6	53,9

Таким чином, баланс ґрунтових вод у сухому борі визначається декількома факторами і в першу чергу кількістю атмосферних опадів як за роками, так і за сезонами. Основне джерело поповнення ґрунтових вод і підйому їхнього рівня – інфільтраційне живлення. Зменшення запасів ґрунтових вод відбувається за рахунок фізичного і фізіологічного випаровування в середньому 57 % від загальнорічних витрат. Рештка припадає на витрати внаслідок бокового відтоку і діяльності водозабору.

Режим ґрунтових вод в умовах свіжуватого бору досліджувався в межах пробної площини № 217, яка знаходитьться в створі першого геоморфологічного профілю, у межах крайової ділянки другої надзаплавної тераси. Відмітки поверхні відносно ріки

сягають +10,5 м. Глибина свердловини – 9,0 м. Рівень ґрунтових вод – з 2,5 м. Товща ґрунтів представлена супісками, що переходять у дрібнозернисті кварцові піски. Ґрунти дерново-борові, малогумусові.

Тип лісу за типологією природних лісів О.Л. Бельгарда – АВ₁₋₂. Тип екологічної структури – напівосвітлений, третього вікового ступеня. Зімкнутість 0,7. Лісотипологічна формула $AB_{1-2} \frac{P_{1-2}}{\text{напів. осв. - III}} 10C$.

Сезонна динаміка рівня ґрунтових вод у межах цієї пробної площини, також як і в інших ділянках другої тераси, характеризується наявністю трьох суміжних періодів (рис. 1): період зимово-весняного підйому, період весняно-осіннього спаду, період осіннього підйому при стабільному низькому осінньо-зимовому рівні.

Період зимово-весняних підйомів починається з третьої декади грудня або першої декади січня. Тривалість змінюється від 3 до 8 місяців. Середні значення показників цього періоду такі: амплітуда підйому – 37,6 см; швидкість підйому – 3 мм/добу; тривалість – 127 діб. Боковий відтік – 0,16 мм/добу, або 58,4 мм за рік.

Період весняно-осіннього спаду ґрунтових вод у межах цієї ділянки в більшості випадків починається з третьої декади квітня або першої декади травня. Середня амплітуда спаду – 46 см при відповідній швидкості 2,6 мм/добу.

Період осіннього підйому починається з першої – другої декади листопада. Тривалість цього періоду варіє в інтервалі від 1 до 4 місяців. Середня величина підйому в цей період – 20,6 см, а середня швидкість – 2,4 мм/добу.

Річна амплітуда коливання рівня тут під час досліджень знаходилась у межах 0,35–0,94 м. Річна динаміка рівня має компенсаційний характер і відповідає терасовому типу, про що свідчить відповідність амплітуди підйомів та спадів і відсутність кореляційних зв'язків із рівневими процесами в р. Самарі (рис. 2). Асиметрія в рівневій динаміці, що спостерігається в свердловині № 216, тут не проявляється, що свідчить про те, що цей біогеоценоз знаходиться поза зоною впливу депресійної воронки. Під час досліджень рівень дзеркала ґрунтових вод тут коливався в інтервалі від 1,91 до 3,2 м.

Таким чином, можна зазначити, що коливання рівня ґрунтових вод у межах цієї ділянки відповідають терасовому типу із найбільшими змінами під час весняно-осіннього зниження.

Аналіз основних балансових складових показав, що поповнення запасів ґрунтових вод тут проходить з листопада по березень. Поповнення більш ніж на 95 % відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів. Боковий приплів та відтік – урівноважені. Інші 5 % прибуткової частини припадає на конденсаційну вологу та приплів з нижчезаташованих напірних горизонтів.

Середня кількість ґрунтових вод, що залишаються біогеоценозом у вологооботрот, тут становить 74 мм за вегетаційний сезон (табл. 4). Найменша кількість припадає на вологі роки, як це було в 2002–2003 гідрологічному році. У даному випадку потреби у водному живленні для біогеоценозу забезпечувала ґрунтова влага та влага атмосферних опадів. У середньому 22 % опадів тут досягає ґрунтових вод.

Надаючи оцінку кількісному споживанню ґрунтових вод сосновими біогеоценозами Самарського бору, слід зазначити, що найбільша кількість ґрунтових вод споживається рослинністю, де дзеркало ґрунтових вод розташоване найближче від денної поверхні – пробна площа № 211. У середньому тут внаслідок десукційної діяльності втрачається близько 81 % від загальнорічних витрат ґрунтових вод. Найнижчі показники втрат належать місцевостанням із найбільшою глибиною залягання дзеркала ґрунтових вод – пробна площа № 216, у середньому 57 %. При цьому залишкова частина витрат у першому випадку формується під впливом фізичного випаровування, у всіх інших випадках внаслідок бокового відтоку без паралельного надходження інфільтраційної води. Цей висновок узгоджується із результатами, що були отримані іншими дослідниками. Так, за даними ряду дослідників (Молчанов, 1952; Острівський, 1979), випаровування ґрунтових вод на піщаних ґрунтах припиняється з глибини більше 1,5 м.

Таблиця 4

Витрата ґрунтових вод у свіжуватому борі (пробна площа № 217)

Місяць	Гідрологічний рік					
	2002	2002–2003	2003–2005	2005–2006	2006–2007	2007–2008
Червень	13,6	0	17	23,8	1,7	15,3
Липень	20,4	3,4	11,9	34	13,6	32,3
Серпень	27,2	5,1	18,7	32,3	18,7	34
Вересень	20,4	8,5	11,9	44,2	25,5	18,7
За сезон	81,6	8,5	59,5	134,3	59,5	100,3
% від Σ	94,1	14,7	79,5	84,0	43,8	74,7

З'язок первинної біологічної продуктивності з об'ємом ґрунтових вод, що залишаються сосновими біогеоценозами, демонструє нелінійність залежності продуктивності від споживання ґрунтових вод (рис. 3). У даному випадку пряма залежність спостерігається там, де дзеркало ґрунтових вод розташоване нижче 5 м (сухий бір). При рівні ґрунтових вод від 1,5 до 4 м (свіжка субір, свіжуватий бір, сухуватий бір) їх споживання меншою мірою залежить від продуктивності. Так, у першому випадку коефіцієнт кореляції становив +0,91, а в другому лише +0,64, що відповідає середній кореляційній залежності. Тому можна припустити, що на первинну біологічну продуктивність крім додаткової волоти ґрунтових вод впливають інші фактори родючості – ступінь гумусовості ґрунтів, їх фізико-хімічні властивості.

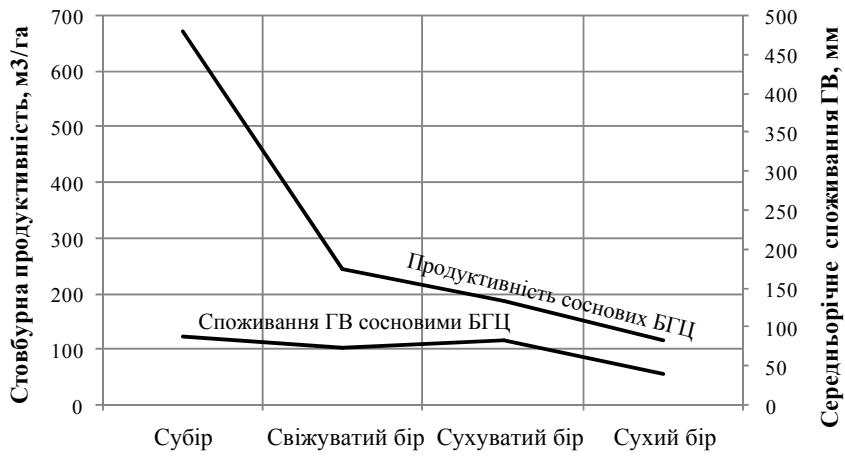


Рис. 3. Витрата ґрунтових вод сосновими біогеоценозами та їхня первинна біологічна продуктивність

Аналізуючи показники стоку ґрунтових вод на території Самарського бору, слід зазначити, що ця величина в середньому становить $0,17 \pm 0,01$ мм/добу, а аналогічний показник, характерний для водозбору р. Самари у цілому, $-0,06 \pm 0,01$ мм/добу. Порівнюючи ці показники, необхідно відмітити, що лісистість Самарського басейну становить 1,27 %, а лісистість території Самарського бору 58,2 %. Збільшення лісистості позначається в поліпшенні водно-фізичних властивостей ґрунтів, що стосується і заплавних ділянок з важким механічним складом ґрунтів зони аерації. Відмічені зміни перш за все відносяться до фільтраційних властивостей ґрунтової товщі, завдяки чому поверхневий стік переводиться в найбільш цінний – підземний.

Отримані нами дані в цілому перекликаються з даними, отриманими в умовах водозборів р. Сіверський Донець (Ткач, 2008): при порівняльному аналізі водозбирних площ різної лісистості видно, що збільшення лісистості дає збільшення ґрунто-

вого стоку від 260 до 370 %. У нашому випадку ґрутовий стік з території, що вкрита Самарським бором, перевищує середній показник річкового басейну на 283 % (40,1 мм/рік). Зміни в об'ємі ґрутового стоку можна пов'язати з різницею у співвідношенні поверхневого і ґрутового стоку на користь останнього, а також більш рівномірного розподілу стоку ґрутових вод у часі.

ВИСНОВКИ

Режим ґрутових вод піщаних терас долини р. Самари характеризується як терасовий, компенсаційний, непорушений. Режим ґрутових вод, які знаходяться в зоні впливу діяльності побутового водозабору, характеризується як декомпенсаційний, порушений.

Витратна частина балансу ґрутових вод із рівнем залягання 5 м і більше залежить від десуційної діяльності рослинного покриву і бокового відтоку. Витрата ґрутових вод із близьким до поверхні рівнем залягання більшою мірою залежить від фізичного і фізіологічного випаровування.

Прибуткова частина балансу ґрутових вод визначається інфільтрацією атмосферних опадів і боковим підтоком.

При рівні залягання 5 м і більше спостерігається зменшення первинної біологічної продуктивності.

У випадку коли рівень залягання ґрутових вод розташований від 4 м і вище, зволодження меншою мірою впливає на продуктивність соснових біогеоценозів.

У результаті змін основних параметрів стоку ґрутових вод їх об'єм з території Самарського бору перевищує аналогічні показники басейну р. Самари в цілому майже в три рази.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Анучин Н. П.** Лесная таксация / Н. П. Анучин. – М. : Лесн. пром-сть, 1982. – 552 с.
- Бельгард А. Л.** Лесная растительность юго-востока УССР / А. Л. Бельгард. – К. : Наук. думка, 1950. – 263 с.
- Бельгард А. Л.** Степное лесоведение / А. Л. Бельгард. – М. : Лесн. пром-сть, 1971. – 336 с.
- Воронков Н. А.** Влагооборот и влагообеспеченность сосновых насаждений / Н. А. Воронков. – М. : Лесн. пром-сть, 1973. – 184 с.
- Воронков Н. А.** Пульсация ґрутових вод и расход влаги из них в Арчединско-Донских песках / Н. А. Воронков // Вестн. МГУ. Сер. 6. Биология, почвоведение. – 1963. – № 2. – С. 43-52.
- Высоцкий Г. Н.** Избранные сочинения / Г. Н. Высоцкий. – Т. 2. – М. : Изд. АН СССР, 1962. – 245 с.
- Гаель А. Г.** Облесение бугристых песков засушливых областей / А. Г. Гаель. – М. : Географиз, 1952. – 218 с.
- Гаель А. Г.** Пески и песчаные почвы / А. Г. Гаель, Л. Ф. Смирнова. – М. : Геос, 1999. – 252 с.
- Гаель А. Г.** Режим почвенно-ґрутовых вод сосновых насаждений Доно-Ачединского лесного массива / А. Г. Гаель, Н. И. Судницын // Лесоведение. – 1971. – Вып. 5.
- Зонн С. В.** Почвенная влага и лесные насаждения / С. В. Зонн. – М. : Изд-во АН СССР, 1959. – 198 с.
- Ильинский В. В.** Влияние водного режима на корневые системы сосны / В. В. Ильинский // Лесное хозяйство. – 1966. – № 9.
- Коноплянцев А. А.** Естественный режим подземных вод и его закономерности / А. А. Коноплянцев, В. С. Ковалевский, С. М. Семенов. – М. : Госгеолтехиздат, 1963. – 231 с.
- Корепанов А. А.** Сезонная динамика почвенно-ґрутовых вод сосновых насаждений / А. А. Корепанов // Лесное хозяйство. – 1974. – № 10.
- Кулик Н. Ф.** Гидрологические особенности Терско-Кумских песков / Н. Ф. Кулик // Освоение песков. – М. : Изд-во Минсельхоза СССР, 1960. – С. 126-133.
- Кулик Н. Ф.** Простейшие приборы для наблюдений за суточной пульсацией почвенно-ґрутовых вод / Н. Ф. Кулик // Лесное хозяйство. – 1956. – № 10. – С. 93-95.
- Лебедев А. В.** Методы изучения баланса ґрутовых вод / А. В. Лебедев. – М. : Госгеолтехиздат, 1963. – 192 с.

- Литвак П. В.** Особенности роста сосны обыкновенной в различных гидротопах Полесья УССР / П. В. Литвак // Лесоводство и агролесомелиорация. – 1968. – № 15.
- Молчанов А. А.** Гидрологическая роль леса в различных природных зонах СССР / А. А. Молчанов // Гидрологические исследования в лесу. – М. : Наука, 1970. – С. 18-24.
- Молчанов А. А.** Гидрологическая роль сосновых лесов на песчаных почвах / А. А. Молчанов. – М. : АН СССР, 1952. – С. 383-467.
- Островский В. Н.** К методике расчета испарения грунтовых вод / В. Н. Островский // Водные ресурсы. – 1979. – № 3. – С. 77-82.
- Петров Е. Г.** Водный режим и продуктивность лесных фитоценозов на почвах атмосферного увлажнения / Е. Г. Петров. – Минск : Наука и техника, 1983. – 213 с.
- Погребной Ю. П.** Взаимосвязь обводненной многослойной системы с поверхностными водами в Западном Донбассе / Ю. П. Погребной // Вісник Дніпропетровського національного університету. Геологія та географія. – Вип. 1. – 1998 – С. 39-42.
- Погребняк П. С.** Исследование почв и корневых систем в лесах Полесья УССР / П. С. Погребняк // Тр. Института леса АН СССР. – 1951. – № 2.
- Савицкий С. И.** Прогноз екстремальних положень рівня ґрунтових вод на 2007 рік та передвесняного мінімального рівня 2008 року на території Дніпропетровської області / С. И. Савицкий, В. М. Зеленіна // Інформаційний звіт з моніторингу підземних вод Дніпропетровської області за 2006 р.
- Сукачев В. Н.** Основы лесной биогеоценологии / В. Н. Сукачев. – М. : Наука, 1964. – 574 с.
- Ткач В. П.** Оптимальна водохоронна лісистість водозборів середньої течії річки Сіверський Донець / В. П. Ткач, В. А. Горошко, Н. П. Купріна // Лісівництво і агролісомеліорация. – Х. : УкрНДІЛГА, 2008. – Вип. 114. – С. 21-27
- Травлеев А. П.** Спутник геоботаника по почвоведению и гидрологии / А. П. Травлеев, Л. П. Травлеев. – Д. : ДГУ, 1979. – С. 58-65.
- Травлеев А. П.** Характеристика почв лесных культурбиогеоценозов настоящих степей УССР / А. П. Травлеев // Вопросы степного лесоведения и охраны природы. – 1977. – Вып. 7. – С. 8-29.
- Травлеев Л. П.** К стратиграфии четвертичных отложений правобережья Присамарского стационара / Л. П. Травлеев // Вопросы степного лесоведения. – 1972. – Вып. 3. – С. 51-60.
- Травлеев Л. П.** Условия формирования, глубина залегания и химизм грунтовых вод Присамарья / Л. П. Травлеев // Вопросы степного лесоведения и охраны природы. – 1977. – С. 54-63.

Надійшла до редакції 06.04.10

ХІМІЯ ГРУНТІВ

УДК 631.41+504.064 (477.63)

В. Н. Савосько

АССОЦІАЦІИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ КРИВОРОЖСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО РЕГІОНА

Криворізький державний педагогічний університет

Предложено использовать результаты корреляционного анализа содержания тяжелых металлов в почвах для оценки их геохимического равновесия. Показано наличие высокой ассоциативности металлов в почвах локальных фоновых участков Криворожья. Техногенное воздействие обуславливает уменьшение числа достоверных корреляционных связей между парами металлов, нарушение их ассоциативности вплоть до полного его разрушения.

Ключевые слова: Криворожский железорудный регион, почва, тяжелые металлы, ассоциации.

В. М. Савосько

Криворізький державний педагогічний університет

АСОЦІАЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В ГРУНТАХ
КРИВОРІЗЬКОГО ЗАЛІЗОРУДНОГО РЕГІОНУ

Запропоновано використовувати результати кореляційного аналізу вмісту важких металів у ґрунтах для оцінки їх геохімічної рівноваги. Показано наявність високої ассоциативності металів у ґрунтах локальних фонових ділянок Криворіжжя. Техногенний вплив обумовлює зменшення числа достовірних кореляційних зв'язків між парами металів, порушення їх ассоциативності аж до повного її руйнування.

Ключові слова: Криворізький залізорудний регіон, ґрунти, важкі метали, асоціації.

V. M. Savos'ko

Kryvyi Rih State Educational University

THE HEAVY METALS' ASSOCIATIONS
IN SOILS AT KRYVYI RIH ORE MINING REGION

The results of correlation analysis of heavy metals content in soils are suggested to use for geochemical balance estimate. The presence of high metals' associativity in soils at local background plots of the Kryvyi Rih regions has been shown. Anthropogenic impact causes the decrease in the number of reliable correlations between pairs of metals, the violation of their associativity up to its complete destruction.

Key words: Kryvyi Rih ore mining region, soil, heavy metals, associations.

В настоящее время чрезмерное накопление тяжелых металлов в почвах индустриальных регионов становится общепланетарной проблемой (Алексеев, 1987; Цветкова, 2008). Важным аспектом, которой является полиметаллический характер поступления и загрязнения окружающей среды (Алексеенко, 2000; Савосько, 2000; Цветкова, 2005). Вот почему для интегральной оценки содержания металлов в почвах, исследователями предпринимаются регулярные попытки выявления и выделения их ассоциаций. Под этим термином обычно понимают группу элементов, которые соответствуют заранее определенным и четким критериям (Алексеенко, 2000; Саэт, 1990).

В большинстве случаев в качестве таких критериев используют уровни превышения определенных эталонов: гигиенических (предельно-допустимых концентраций) или экологических (значений регионального геохимического фона). В пределах одной ассоциации объединяют группу металлов, содержание которых в почве одинаково выше выбранного эталона оценки, обычно это десяти- или пятикратное превышение (Алексеенко, 2000; Саэт, 1990). Еще одним способом определения ассоциаций металлов в почвах является применение кластерного анализа, который позволяет построить дендрограммы их содержания в почвах и генетических горизонтах (Дмитрук, 2008).

Однако, по нашему мнению, отмеченные методы выявления ассоциаций тяжелых металлов в почвах достаточно условны и совершенно не отражают внутренней сущности почвенной геохимии. Они учитывают только внешнюю сторону процесса – интенсивность антропогенного воздействия. При этом игнорируется значимость почвы, как особого природного тела, способного активно реагировать на поступление инородных металлов.

В этой связи, по нашему мнению, очень перспективно для выделения ассоциаций металлов в почвах использовать результаты парного корреляционного анализа. Методологической основой применения такого подхода является тезис о соподчиненности и согласованности содержания химических элементов в почве, как закономерного результата действия почвообразовательного процесса (Добровольский В. В., 1997; Добровольский Г. В., 2000). Также необходимо отметить, что корреляционный анализ неоднократно использовался при оценке загрязнения тяжелыми металлами почв в индустриальных регионах (Алексеенко, 2000; Водянский, 1995; Глазовская, 1997).

Цель работы: выявить основные закономерности техногенной трансформации ассоциаций тяжелых металлов в почвах Криворожского железорудного региона.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований были выбраны территории, которые прилегают к Северному и Ингулецкому горно-обогатительным комбинатам (СевГОК и ИнГОК). Почвенный покров представлен: в первом случае – черноземами обыкновенными, а во втором – черноземами южными (Казаков, 2005). Также необходимо отметить, что СевГОК расположен на северной, а ИнГОК – на южной окраинах Криворожского железорудного бассейна (Днепропетровская обл., Украина).

В качестве контроля использовались локальные фоновые участки (ЛФУ): ЛФУ «Север» и ЛФУ «Юг», соответственно. Территории этих участков находятся вне зоны техногенного загрязнения, но в пределах природной геохимической аномалии региона (Савосько, 2009).

При выборе мест для мониторинговых площадок нами учитывались – способ поступления тяжелых металлов в почву (аэрогенный и гидрогенный потоки), а также его интенсивность. На основании карт распределения пыли в приземном слое атмосферы выделены три аэротехногенно загрязненные зоны (АТЗЗ). АТЗЗ-1 характеризуется минимальными уровнями запыления – 0,3–1,0 среднегодовой предельно-допустимой концентрации ($\text{ПДК}_{\text{ср}}$), АТЗЗ-2 – средними (1,0–2,0 $\text{ПДК}_{\text{ср}}$), АТЗЗ-3 – максимальными (2,0–4,0 $\text{ПДК}_{\text{ср}}$). Используя карту минерализации грунтовых вод четвертичных отложений, определены две гидротехногенно загрязненные зоны (ГТЗЗ). ГТЗЗ-1 имеет наименьшие уровни минерализации грунтовых вод (1–5 г/л), ГТЗЗ-2 – наивысшие (5–10 г/л).

В пределах выбранных участков были заложены почвенные разрезы, выполнено их макроморфологическое описание, проведен отбор почвенных образцов (через каждые 10 см), (Практикум по почвоведению, 1986). Исследовалось содержание подвижных форм тяжелых металлов (Fe, Mn, Zn, Ni, Cu, Pb, Cd). Экстракция проводилась с помощью одно-нормальной азотной кислоты (соотношение почва–раствор 1:10, упаривание на песчаной бане) (Алексеев, 1987). Конечное определение металлов выполняли на атомно-адсорбционном спектрофотометре AAS-30 фирмы Karl Ceis-Jena (Германия) (Обухов, 1991). Полученные результаты обрабатывались математическими методами вариационной статистики (Лакин, 1990).

Выявление ассоциаций тяжелых металлов в почвах региона проводилось следующим образом. Вначале, используя стандартные статистические алгоритмы, выполнялся парный корреляционный анализ содержания металлов. На основании полученных результатов выделялись ассоциации металлов, в пределах которых объединялись элементы, имеющие между собой достоверные корреляционные связи (т.е. каждый металл с каждым металлом). При общей оценке учитывались количество металлов, объединенных в ассоциации, а также их число. Во всех расчетах был принят уровень значимости $P < 0,95$ (Лакин, 1990).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ результатов выполненных расчетов показал, что на территории локально-фонового участка «Север» между парами тяжелых металлов выявлено 19 статистически достоверных коэффициентов корреляции (рис. 1). При этом необходимо отметить, что в 9 случаях численные значения коэффициентов превышают 0,70 (сильная связь), а в 6 – 0,90 (очень сильная связь). Хотя на этом участке и выделена одна ассоциация, однако она состоит из шести металлов. Исключение составляет свинец, который характеризуется отсутствием достоверных связей со всеми металлами.

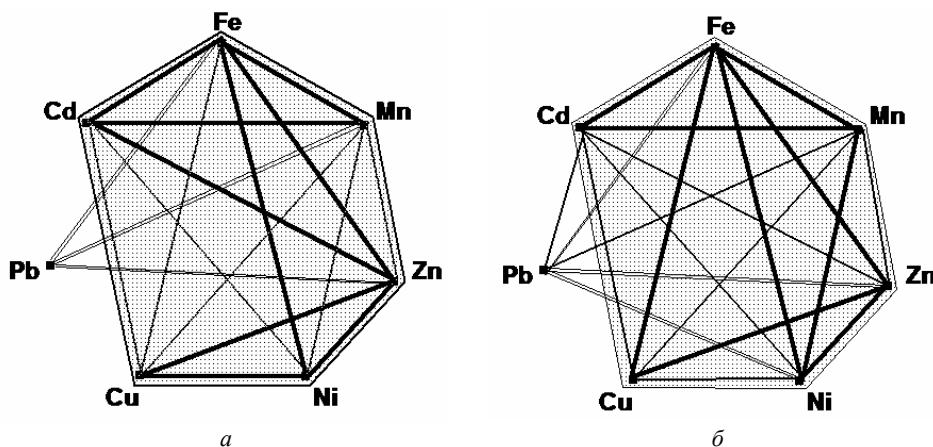


Рис. 1. Ассоциации тяжелых металлов в почвах локальных фоновых участков Кривбасса:

a – черноземы обыкновенные, *б* – черноземы южные, заштрихована ассоциация металлов

- очень сильная корреляционная связь ($|r^2| > 0,9$);
- сильная корреляционная связь ($0,7 < |r^2| < 0,9$);
- средняя и слабая корреляционная связь ($|r^2| < 0,7$).

В пределах локального фонового участка «Юг» между парами тяжелых металлов достоверными выявились 20 коэффициентов корреляции (рис. 1). При этом установлено, что в восьми случаях имеет место сильная связь ($0,7 < |r^2| < 0,9$), а в девяти – очень сильная ($|r^2| > 0,90$). Как и в предыдущем случае, на фоновом участке «Юг» выделена также одна ассоциация, которая также включает шесть металлов. В ассоциацию не вошел свинец, который не имел корреляционных связей со всеми металлами.

Исследованиями было установлено, что в почвах Криворожского региона, которые находятся под аэрогенным воздействием, происходит аккумуляция и выпадение подвижных форм тяжелых металлов (Савоско, 2001). Техногенное накопление металлов в большинстве случаев характерно для поверхностного гумусово-аккумулятивного горизонта. Уровни превышения значений локального фона составляют 1,2–3,3 раза ($P < 0,05$) у черноземов обыкновенных и 1,3–5,7 раза ($P < 0,05$) у черноземов южных. В гумусовом переходном и элювиальном горизонтах, в некоторых

случаях, содержание металлов ниже контрольных значений: на 20–60 % ($P<0,05$) в черноземах обыкновенных и на 25–35 % ($P<0,05$) в черноземах южных.

В зоне минимального аэротехногенного загрязнения (АТЗ3-1) между парами тяжелых металлов как в черноземах обыкновенных, так и в черноземах южных достоверными оказались по 9 коэффициентов корреляции (рис. 2). Причем, в черноземах обыкновенных все случаи связи имеют среднюю силу ($0,3<|r^2|<0,7$), тогда как в черноземах южных – только в трех случаях корреляционную связь между парами металлов можно оценить как сильную ($0,7<|r^2|<0,9$). В почвах выявлено наличие шести ассоциаций тяжелых металлов – по три для каждого подтипа почв. В черноземах обыкновенных ассоциации имели такой состав: Cu–Pb–Cd; Cu–Ni–Pb; Cu–Ni–Zn. В черноземах южных в ассоциации были объединены следующие металлы: Ni–Mn–Cu; Ni–Mn–Fe; Cu–Pb–Cd.

При более интенсивном аэротехногенном влиянии в почвах происходит закономерное уменьшение взаимной упорядоченности распределения тяжелых металлов. Проведенные расчеты показали, что, как в черноземах обыкновенных (АТЗ3-2), так и в черноземах южных (зона АТЗ3-3), между парами металлов достоверными выявились только по пять коэффициентов корреляции. Важно отметить, что сила этих связей оценивается только как средняя ($0,3<|r^2|<0,7$). При этом тяжелые металлы не образуют ни одной ассоциации (рис. 2).

Ранее проведенными исследованиями показано, что в почвах Криворожского региона, которые испытывают значимое гидротехногенное влияние, содержание подвижных форм всех исследованных тяжелых металлов приобретает техногенный характер, что проявляется как в их накоплении, так и выщелачивании (Савосько, 2003).

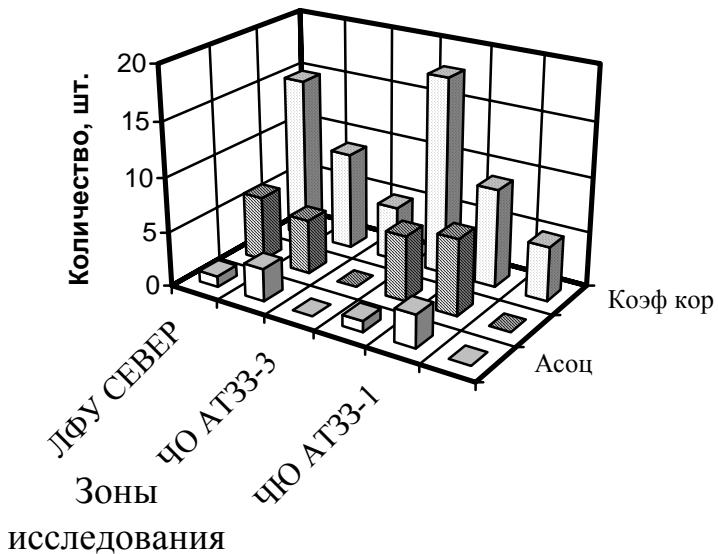


Рис. 2. Ассоциации тяжелых металлов в почвах Кривбасса при их аэротехногенном поступлении

Примечание. Коэф кор – количество достоверных коэффициентов корреляции; Металл – количество металлов, которые имеют достоверные корреляционные связи; Асоц – количество выявленных ассоциаций металлов, ЧО – черноземы обыкновенные, ЧЮ – черноземы южные. Остальные обозначения см. раздел «Объект и методы исследований»

В почвах Криворожского региона, аккумуляция металлов более характерна для нижних почвенных горизонтов. Уровни их накопления относительно локального фона составляют 1,2–18,8 раза ($P<0,05$) у черноземов обыкновенных и 1,2–4,8 раза у черноземов южных ($P<0,05$). Выщелачивание отдельных металлов не имеет четкого профильно-го детерминированния и находится в пределах 15–45 % ($P<0,05$) у черноземов обыкновенных и 25–85 % ($P<0,05$) в черноземах южных.

Проведенные расчеты выявили, что при минимальном уровне минерализации грунтовых вод (ГТЗ3-1) в черноземах обыкновенных между парами тяжелых металлов отмечается наличие только 11 достоверных коэффициентов корреляции (рис. 3). Все случаи связей, за исключением пары Cu–Ni, имеют лишь среднюю силу ($0,3 < |r^2| < 0,7$). В этой зоне исследования выявлено максимальное число (четыре) ассоциаций металлов: Pb–Cu–Ni; Pb–Cu–Zn; Cu–Ni–Fe; Mn–Zn–Pb. Важно отметить, что количество металлов, входящих в состав ассоциаций, одинаково с таковыми, выявленными на контрольном участке. При максимальном уровне минерализации грунтовых вод (ГТЗ3-2) выявлено уменьшение числа парных связей металлов до шести, которые имеют только среднюю силу ($0,3 < |r^2| < 0,7$). В данном случае тяжелые металлы образуют одну ассоциацию, состоящую из трех элементов (Cd–Fe–Mn).

В черноземах южных, находящихся под минимальным гидротехногенным влиянием (ГТЗ3-1), между парами тяжелых металлов достоверными являются только восемь коэффициентов корреляции (рис. 3). В трех случаях силу связи можно оценить как сильную ($0,7 < |r^2| < 0,9$), а в одном – как очень сильную ($|r^2| > 0,9$). В этих почвах выявлено наличие двух ассоциаций тяжелых металлов в почвах: Fe–Mn–Cu; Fe–Mn–Ni.

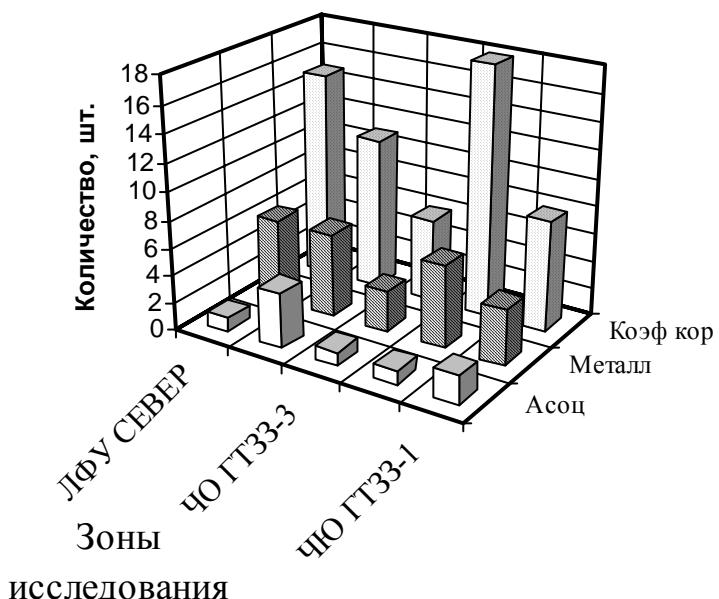


Рис. 3. Ассоциации тяжелых металлов в почвах Кривбасса при их гидротехногенном поступлении

Примечание. Коэф кор – количество достоверных коэффициентов корреляции; Металл – количество металлов, которые имеют достоверные корреляционные связи; Асоц – количество выявленных ассоциаций металлов, ЧО – черноземы обыкновенные, ЧЮ – черноземы южные. Остальные обозначения см. раздел «Объект и методы исследований»)

ВЫВОДЫ

В почвах Криворожского железорудного региона, находящихся вне зоны техногенного воздействия (локальные фоновые участки), содержание тяжелых металлов имеет геохимически упорядоченный характер. Это подтверждается наличием достоверных корреляционных связей между парами металлов. Как в черноземах обыкновенных, так и в черноземах южных может быть выделена одна ассоциация металлов. Однако она включает шесть (из семи исследованных) металлов. Исключение составляет свинец, который не имел корреляционных связей со всеми металлами.

Минимальное аэро- и гидротехногенное воздействие обуславливает нарушение природного геохимического равновесия содержания тяжелых металлов в почвах ре-

гиона. Это проявляется в уменьшении количества достоверных связей между парами металлов, разрушением их большой природной ассоциации с одновременным образованием нескольких мелких ассоциаций, которые состоят из трех-четырех металлов.

При более интенсивном аэротехногенном воздействии отмечается полное разрушение ассоциативности тяжелых металлов. Гидротехногенное поступление загрязнителей в почву оказывает менее интенсивное воздействие на химическое равновесие металлов.

Полученные результаты могут быть использованы при организации мониторинга состояния почвенного покрова индустриальных регионов. В дальнейших исследованиях считаем целесообразным проведение информационно-логического анализа, сопоставляя общее состояние биогеоценоза с геохимическим равновесием содержания металлов в их почвах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев Ю. В.** Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеенко. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 142 с.
- Алексеенко В. А.** Экологическая геохимия / В. А. Алексеенко. – М. : Логос, 2000. – 627 с.
- Водянский Ю. Н.** Техногеохимическая аномалия в зоне влияния Череповецкого металлургического комбината / Ю. Н. Водянский, В. А. Большаков, С. Е. Сорокин и др. // Почвоведение. – 1995. – № 4. – С. 498-507.
- Глазовская М. А.** Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям / М. А. Глазовская. – М. : МГУ, 1997. – 100 с.
- Дмитрук Ю. М.** Використання окремих підходів при аналізі еколого-геохімічного статусу ґрунтів різних типів / Ю. М. Дмитрук // Ґрунтознавство. – 2008. – Т. 9, № 3-4. – С. 41-49.
- Добровольский В. В.** Биосферные циклы тяжелых металлов и регуляторная роль почвы / В. В. Добровольский // Почвоведение. – 1997. – № 4. – С. 431-441.
- Добровольский Г. В.** Сохранение почв как незаменимого компонента биосфера: функционально-экологический подход / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. – М. : Наука, МАИК «Наука/Интерperiодика», 2000. – 185 с.
- Казаков В. Л.** Природна географія Кривбасу / В. Л. Казаков, І. С. Паранько, М. Г. Сметана та ін. – Кривий Ріг : КДПУ, 2005. – 156 с.
- Лакин Г. Ф.** Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М. : Висш. шк., 1990. – 352 с.
- Обухов А. И.** Атомно-абсорбционный анализ в почвенно-биологических исследованиях / А. И. Обухов, И. О. Плеханов. – М. : МГУ, 1991. – 184 с.
- Практикум по почвоведению** / Под ред. И. С. Кауричева. – М. : Агропромиздат, 1986. – С. 10-25.
- Саєт Ю. Е.** Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саєт, Б. А. Ревич, Е. П. Янин и др. – М. : Недра, 1990. – 336 с.
- Савосько В. Н.** Экологическая роль геохимических барьеров в распределении аэротехногенных тяжелых металлов в почвах Кривбасса / В. Н. Савосько // Вопросы биоиндикации и экологии. – 2000. – Вып. 5. – С. 145-153.
- Савосько В. Н.** Гидротехногенное накопление подвижных форм тяжелых металлов в почвах Кривбасса / В. Н. Савосько // Ґрунтознавство. – 2003. – Т. 4, № 1-2. – С. 105-109.
- Савосько В. Н.** Локальное фоновое содержание тяжелых металлов в почвах Криворожского железорудного региона / В. Н. Савосько // Ґрунтознавство. – 2009. – Т. 10, № 3-4. – С. 64-73.
- Цветкова Н. Н.** Уровень содержания марганца в почвах урбосистем индустриальных городов степного Приднепровья / Н. Н. Цветкова, А. А. Дубина // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – 2008. – Вип. 16. – Т. 1. – С. 204-209.
- Цветкова Н. М.** Техногенні аномалії важких металів у ґрунтах урбоЛандшафтів степово-го Придніпров'я (на прикладі м. Дніпродзержинська) / Н. М. Цветкова, Т. К. Клименко // Ґрунтознавство. – 2005. – Т. 6, № 1-2. – С. 45-52.

Надійшла до редакції 14.04.10

УДК 628.516:574.4/.5(477.64)

О. Г. Шеховцева, И. А. Мальцева

**АЭРОТЕХНОГЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ПОВЕРХНОСТНОГО ГОРИЗОНТА ПОЧВ – ОСНОВНОГО МЕСТА
СУЩЕСТВОВАНИЯ ПОЧВЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ
(НА ПРИМЕРЕ УРБОЭКОСИСТЕМ г. МАРИУПОЛЯ)**

Мелитопольский государственный педагогический университет им. Б. Хмельницкого

Представлены результаты изучения некоторых химических показателей урбанизированных почв Мариуполя. Проанализированы изменение показателей рН, содержание гумуса и тяжелых металлов в сравнении с зональными почвами фоновых территорий в связи с возможными изменениями видового состава и структуры группировок почвенных водорослей, для которых верхние горизонты почвы являются основным местом существования.

Ключевые слова: урбоэкосистема, почва, pH, гумус, тяжелые металлы.

О. Г. Шеховцева, И. А. Мальцева

Melitopol's'kyi derzhavnyi pedagogichnyi universytet im. B. Khmelnytskogo

**АЕРОТЕХНОГЕННІ ЗМІНИ ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПОВЕРХНЕВОГО ГОРИЗОНТУ
ГРУНТІВ – ОСНОВНОГО МІСЦЯ ІСНУВАННЯ ГРУНТОВИХ ВОДОРОСТЕЙ
(НА ПРИКЛАДІ УРБОЕКОСИСТЕМ м. МАРІУПОЛЯ)**

Представлені результати вивчення деяких хімічних показників урбанізованих ґрунтів Маріуполя. Проаналізовані зміни показників pH, вмісту гумусу та важких металів у порівнянні із зональними ґрунтами фонових територій у зв'язку з можливими змінами видового складу і структури угруповань ґрутових водоростей, для яких поверхневі горизонти ґрунту є основним місцем існування.

Ключові слова: урбоекосистема, ґрунти, pH, гумус, важкі метали.

O. G. Shekhovtseva, I. A. Maltseva

Melitopol State Pedagogical B. Khmelnytsky University

**AEROTECHNOGENIC CHANGE OF CHEMICAL INDICATORS OF SUPERFICIAL HORIZON
OF SOILS – THE BASIC PLACE OF EXISTENCE OF SOIL ALGAE
(BY EXAMPLE OF URBANIZED ECOSYSTEMS OF MARIUPOL)**

The results of studying of some chemical indicators of the urbanized soils of Mariupol are presented. The alteration of pH, humus and heavy metals content have been analysed in comparison with zonal soils of background areas in connection with possible changes of species composition and structure of groupings of soil algae for which the top horizons of soil are the main place for existence.

Key words: urbanized ecosystem, soil, pH, humus, heavy metals.

Урбанизируемые территории отличаются своеобразием основных экологических факторов, а также специфическим техногенным воздействием на них. Это дает основание экологам рассматривать город как особый тип экосистем, при этом почва является экологически связанным звеном.

Современная урбоэкосистема, как правило, характеризуется высоким уровнем загрязнения, связанным с интенсивным развитием промышленности. Несмотря на спад производства, в результате которого общее количество выбросов существенно уменьшилось, нагрузка на биосферу по-прежнему остается катастрофичной (Тютюник, 2000).

Интенсивное многофакторное антропогенное влияние на окружающую природную среду обуславливает большие объемы рассеивания многих химических элементов, вызывает накопление в окружающей среде полутантантов, в том числе тяжелых металлов (ТМ), в не свойственных природе сочетаниях.

В пределах Донецкого Приазовья город Мариуполь занимает первое место по выбросам полютантов в атмосферный воздух. По данным центральной геофизической обсерватории г. Киева за 2008 год средний показатель индекса загрязнения атмосферы г. Мариуполя соответствовал 17, когда средний бал по Украине – 8,7. Общая эмиссия выбросов в атмосферу города согласно данных Госкомстата, начиная с 2000 г. и по настоящее время, в среднем ежегодно составляет 404 тыс. т (Зубков, 2001).

Учеными активно проводится детальное изучение накопления ТМ в почвенном покрове различных урбанизированных территорий Украины, России и дальнего зарубежья, так как антропогенные потоки вещества приводят к трансформации почв, снижению экологического потенциала ландшафта в целом (Грищенко, 2001; Майнулов, 2001; Мирзак, 2001; Хассан Эльшейх, 2005; Хакимов, 2006 и др.).

Включаясь в природные циклы миграции, антропогенные потоки приводят к быстрому распространению загрязняющих веществ в природных компонентах городского ландшафта (Мирзак, 2001), и захватывают участки еще оставшихся эталонных территорий (Моргун, 2002).

Специфика состава и количества аэрогенного загрязнения на фоне конкретных почвенно-климатических условий приводит к развитию геохимических аномалий, которые, в свою очередь, приводят к изменению видового состава и функционирования эдафона. Особую группу среди организмов, населяющих почву, представляют водоросли, большинство из которых способны к фотосинтезу, а некоторые – к азотфиксации. Почвенные водоросли играют важную роль в большинстве физико-химических и биологических процессов почв, основными из которых являются: накопление органического вещества и азота, перераспределение, аккумуляция и круговорот элементов. Также они чутко реагируют на изменение экологических условий, что широко используется для биодиагностики почв. Поэтому в настоящий период изучение изменений основных химических показателей поверхностных слоев почв (рН, содержания гумуса, тяжелых металлов) в промышленных центрах в сравнении с зональными почвами фоновых территорий является актуальным для выяснения их возможного влияния на видовое разнообразие и структуру группировок почвенных водорослей.

ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящей работе в качестве объектов исследований представлены почвы природных ландшафтов для получения фоновых данных в процессе их мониторинга и почвы урбоэкосистем г. Мариуполя.

Природные ландшафты Донецкого Приазовья формируются на черноземах обыкновенных, механический состав которых, в основном, суглинистый и тяжело-суглинистый (Почвенно-биогеоценологические исследования..., 1976). Исследования проводили: 1) в искусственных насаждениях дуба черешчатого в Азовском лесничестве «Азовская дача» (1); 2) в степном биогеоценозе Украинского степного природного заповедника «Каменные могилы» (2).

В работе были исследованы почвы различных зон урбанизированных ландшафтов промышленного комплекса г. Мариуполя:

- 1) санитарно-защитная зона металлургического комбината «Азовсталь» (3);
- 2) санитарно-защитная зона промышленного узла «Азовмаш» (4);
- 3) природно-рекреационная зона парка культуры и отдыха «Азовмаш» (5);
- 4) природно-рекреационная парковая зона возле стадиона «Азовец» (6);
- 5) селитебная зона ул. Ленина центральной части города (7);
- 6) селитебная зона пер. Доменный, район металлургического комбината им. Ильича (8);
- 7) вдоль трассы Володарского шоссе при выезде из города (9).

Точечные пробы отбирали на пробной площадке методом конверта по радиусу от источника загрязнения с учетом господствующих восточных ветров, на глубине 0–5 и 5–10 см. Материалом для работы послужили результаты исследований 162 усредненных почвенных образцов, собранных за период 2008–2009 гг.

Определили: pH водной вытяжки – потенциометрическим методом; общий азот – методом Кельдаля в модификации ЦИНАО; гумус – мокрым сжиганием по Тюрину (Аринушкина, 1970).

Содержание свинца и меди определяли методом потенциометрического инверсионного анализа ТМ в почве. Подготовка проб проводилась путем мокрой минерализации. Полученные данные обрабатывались с применением статистических методов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что количественный состав гумуса в исследуемых почвах соответствует географической зональности (Почвенно-биогеоценологические исследования..., 1976). Во всех пробах можно наблюдать тенденцию постепенного уменьшения с глубиной количества гумуса, независимо от урбанизированных зон или фоновых (табл. 1).

Общее содержание азота в почвах изменялось параллельно содержанию гумуса. Показатели гумуса на пробных площадках антропогенно преобразованных почв в слое 0–5 см варьируют от 4,82 % до 5,2 %, в лесном заказнике соответствуют 5,4 %, а в почвах степного заповедника – 4,52 %.

Таблица 1

**Некоторые усредненные химические показатели (зима, весна 2008–2009гг.)
зональных почв и почв г. Мариуполя**

Показатель	Глубина, см	Урбанизированные почвы				Зональные (фоновые) почвы	
		Санитарно-защитная зона	Ландшафтно-рекреационная зона	Селитебная зона	Трасса	Лесной заказник	Степной заповедник
Гумус, %	0-5	5,06	4,82	4,99	5,2	5,4	4,52
	5-10	4,96	4,72	4,47	4,94	4,94	4,2
Общий азот, %	0-5	0,25	0,24	0,25	0,26	0,27	0,22
	5-10	0,24	0,23	0,22	0,24	0,24	0,20
pH	0-5	8,05	8,00	8,14	8,01	6,41	7,12
		7,69*	7,41*	7,57*	7,36*	6,04*	7,05*
	5-10	8,13	8,23	8,25	8,22	6,11	7,18

Примечание. * – данные исследований, проведенных в зимний период.

Важной характеристикой почвы, которая во многом определяет соотношение разных форм ионов в растворе, является активная концентрация ионов водорода (pH). Анализ полученных данных показал, что реакция почвенного раствора в весенний период (апрель, май) в почвах лесничества – слабокислая (pH – 6,11–6,41), в почвах степного заповедника – нейтральная (pH 7,12–7,18).

На урбанизированной территории pH почвы лежит в узком щелочном диапазоне: 8,0–8,14 – в слое 0–5 см и 8,13–8,25 в слое 5–10 см. В зимний период (январь) наблюдается подкисление и показатели pH смещаются в нейтрально-щелочной диапазон: от 7,63 до 7,69. Если сравнивать данные pH городских почв по городским зонам, то наибольшее подщелачивание сохраняется в селитебной и санитарно-защитной зоне, как в зимний, так и в весенний периоды (табл.1).

С возрастанием глубины pH сравниваемых почв колеблется в сторону увеличения: в эталонных почвах верхнего слоя – 6,41–7,12, более глубоких – 6,11–7,18; в городских почвах и вдоль трассы – в пределах 8,0–8,14, а глубже – 8,13–8,25.

Как отмечено некоторыми авторами (Хакимов, 2006), для городских почв характерны изменения значений pH в сторону подщелачивания, что подтверждается и нашими исследованиями. Во всех зонах города в почвах обнаружено значительное повышение значений pH относительно фоновых.

Считается, что смещение значений pH в щелочной диапазон в городских почвах происходит под влиянием перемещения пылевого аэрозоля атмосферных масс, что соответствует известным в научной литературе исследованиям аэрогенного влияния на химические показатели почв (Глазовская, 1997; Хассан Эльшайх, 2005).

Известно, что техногенное подщелачивание почв снижает подвижность большинства тяжелых металлов, их доступность растениям и поступление в грунтовые воды (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989), следовательно, уменьшает их токсичность, выступая механизмом устойчивости городской экосистемы, тем самым компенсируя негативные для биоты процессы урбанизации.

Для изучения динамики содержания ТМ в почвах выбраны свинец и медь. Свинец (Pb) – приоритетный элемент-токсикант I класса опасности, все его растворимые соединения ядовиты для микроорганизмов, растений, животных и людей. Медь (Cu) относится ко II классу опасности, ее соли очень токсичны для почвенной микрофлоры, а высокие концентрации понижают ферментативную активность почв, снижают уровень азотфиксации и дыхания почв, а также ведут к перестройкам в микробных сообществах (Звягинцев, 2005).

Количественные данные по накоплению ТМ в почвах г. Мариуполя позволили установить (табл. 2), что содержание Pb по средним и минимальным величинам ниже предельно допустимых концентраций (ПДК), но в санитарно-защитной (3) и ландшафтно-рекреационной (6) зонах максимальное валовое значение этого элемента в почве составило 73,92 мг/кг (2,31 ПДК) и 39,62 мг/кг (1,24 ПДК) соответственно, что превышает общесанитарные показатели.

Таблица 2
Концентрация свинца и меди (мг/кг) в зональных почвах и почвах г. Мариуполя

Показатель	Глубина, см	Концентрация, мг/кг	Зональные (фоновые) почвы		Урбанизированные почвы					
			Лесной заказник	Степной заповедник	Санитарно-защитная зона		Ландшафтно-рекреационная зона		Селитебная зона	
					1	2	3	4	5	6
Медь	0–5	min	2,41	2,55	2,82	2,83	1,85	2,88	2,16	2,4
		max	4,08	2,64	2,88	4,32	2,16	3,57	3,21	5,76
		Xср	3,25	2,60	2,85	3,56	2,01	3,23	2,69	2,76
	5–10	min	2,64	1,58	2,64	3,89	1,61	2,64	1,61	1,58
		max	3,83	1,61	2,8	4,08	2,88	2,72	2,86	2,41
		Xср	3,24	1,60	2,72	3,99	2,25	2,68	2,24	2,00
Свинец	0–5	min	7,85	нчм*	20,79	нчм*	25,00	нчм	нчм	18,49
		max	13,2	3,96	29,09	23,78	26,42	15,84	21,14	23,78
		Xср	10,5	1,98	24,94	11,89	25,71	7,92	10,57	11,79
	5–10	Min	10,56	5,28	42,25	26,42	21,14	36,96	21,44	нчм
		max	12,91	7,09	73,92	26,64	22,44	39,62	29,06	25,59
		Xср	11,74	6,19	58,09	26,53	21,79	38,29	25,25	12,80

Примечание. нчм* – ниже чувствительности метода 0,05 мг/кг

Сравнивая полученные данные концентрации Pb с региональными кларками (Фоновый ..., 2003) можно сделать вывод, что во всех почвах урбанизированных территорий г. Мариуполя наблюдается превышение содержания этого элемента. Наибольшие показатели констатируются на участках, расположенных в западной

части города (превышение фоновых в 6,2 раза). Это связано с рельефом местности и розой ветров. Рельеф и наличие постоянных ветров обеспечивают хорошую проветриваемость территории города и рассеивание пылегазовых выбросов. Учитывая преобладание восточных ветров, следует отметить, что аэрогенное облако полутонтов перемещается в западном направлении.

В целом изменения концентраций Pb по отношению к горизонтам почв свидетельствуют, что более высокие цифры можно наблюдать в образцах почв, взятых с глубины 5–10 см. Вдоль трассы Pb больше аккумулируется в верхнем гумусовом горизонте.

Максимальные значения концентрации Cu, превышающие ПДК, присутствуют в различных зонах почв урбокомплексов: санитарно-защитной (4,32 мг/кг), ландшафтно-рекреационной (3,57 мг/кг), селитебной (3,21 мг/кг) зонах, также вдоль трассы (5,76 мг/кг) и в лесном заказнике, как в горизонте 0–5 см (1,4 ПДК), так и в более глубоком слое 5–10 см (1,3 ПДК).

На основе полученных данных (табл. 2) и известных сведений в научной литературе (Волкова, 2005; Грищенко, 2001) по количеству валовых форм Pb и Cu в почвах г. Мариуполя и Володарского района на протяжении более 40 лет фиксируется постоянное превышение общесанитарных показателей обоих металлов.

ВЫВОДЫ

1. Обеспеченность по гумусу на исследуемых участках почв соответствуют географической зональности. С глубиной количество гумуса постепенно уменьшается как в техногенных зонах, так и в фоновых.

2. В зимний период pH урбанизированных почв соответствует нейтрально-щелочному, а в весенний – узко-щелочному диапазону. В сравнении с эталонными территориями для урбанизированных почв г. Мариуполя характерны изменения pH в сторону подщелачивания, которые на глубине 5–10 см становятся более выраженным.

3. В результате исследования содержания ТМ в урбокомплексах г. Мариуполя было выявлено увеличение содержания валовых форм свинца и меди по сравнению с зональными почвами. Особенно загрязнению подвержены почвы, расположенные в западной части города, где выделены урбокомплексы со слабой степенью загрязнения.

4. По результатам исследований можно судить о неоднородном характере накопления исследуемых ТМ в почвах различных зон городских ландшафтов. Согласно полученным данным, почвы санитарно-защитной зоны г. Мариуполя часто характеризуются повышенными концентрациями свинца и меди в сравнении с рекреационной и селитебной зонами.

5. Аэротехногенные изменения химических показателей поверхностных горизонтов почвы урбокомплексов создают качественно новые условия существования почвенных организмов, в том числе водорослей, что требует проведения мониторинговых альгоэкологических исследований почв промышленных центров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Аринушкина Е. В.** Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М. : МГУ, 1970. – 487 с.
- Волкова Т. П.** Эколо-геологическая характеристика особенностей накопления химических элементов в почвах Приазовья / Т. П. Волкова, Ю. С. Попова, А. А. Омельченко // Наукові праці Донецького національного технічного університету / Редкол. : Є. О. Башков та ін. – Донецьк : ДонНТУ, 2005. – С. 84-91.
- Грищенко С. В.** Комплексная гигиеническая оценка загрязнения почв населенных мест Донецкой области / С. В. Грищенко, Н. Г. Степанова, В. П. Коровина и др. // Вестник гигиены и эпидемиологии. – 2001. – Т. 5, № 2. – С. 168-171.
- Звягинцев Д. Г.** Биология почв: Учебник / Д. Г. Звягинцев, И. П. Бабьева, Г. М. Зенова. – М. : МГУ, 2005. – 445 с.
- Зубков Р. М.** Экологическая обстановка в Донецкой области / Р. М. Зубков, Е. С. Матлак // Одесский гидрометеорологический институт. Материалы III Всеукраинской научной студенческой конференции «Экологические проблемы регионов» (г. Одесса, 25–26 апреля 2001 г.) – С. 30-32.

- Кабата-Пендиас А.** Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М. : Мир, 1989. – 439 с.
- Кундиев Ю. И.** Химическая опасность в Украине и меры по ее предупреждению / Ю. И. Кундиев, И. М. Трахтенберг // Журнал АМН України. – 2004. – Т. 10, № 2, – С. 259-267.
- Майнулов В. Г.** Гигиеническая оценка техногенного загрязнения почвы Санкт-Петербурга тяжелыми металлами / В. Г. Майнулов, К. Б. Фридман, И. М. Бек и др. // Вестник С.-Петербургской ГосМедАкадемии. – 2001. – № 1 (2). – С. 66-69.
- Мірзак О. В.** Досвід дослідження ґрунтів великих промислових центрів степової зони України (на прикладі м. Дніпропетровська) / О. В. Мірзак // Ґрунтознавство. – 2001. – Т. 1, № 1-2. – С. 87-92.
- Моргун Є. М.** Динамика рухомих форм важких металів в ґрунтах біосферного заповідника «Асканія-Нова» / Є. М. Моргун // Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН. – К. : Фітосоціоцентр, 2002. – С. 40.
- Почвенно-биогеоценологические исследования** в Приазовье. – М. : Наука. – 1976. – 2. – С. 133-169.
- Тютюнник Ю. Г.** Техногенне забруднення міських ґрунтів України / Ю. Г. Тютюнник, Б. А. Горлицкий // Доповіді НАН України. – 2000. – Т. 6, № 6. – С. 208-211.
- Фоновий вміст мікроелементів** в ґрунтах України / А. І. Фатеєв, Я. В. Пащенко, С. А. Балюк та ін. / За ред. А. І. Фатеєва, Я. В. Пащенко. – Х. : УААН, 2003. – 120 с.
- Хакимов Ф. И.** Почвы промышленного города: Трансформация и загрязнение / Ф. И. Хакимов, Н. Ф. Деева, А. О. Ильина // Екологія та ноосферологія. – 2006. – Т. 17, № 1-2. – С. 24-40.
- Хассан Эльшейх Т.А.** Черных Н.А. Уровни содержания тяжелых металлов в почвенном покрове Республики Судан / Т. А. Хассан Эльшейх, Н. А. Черных // Актуальные проблемы экологии и природопользования. – М. : РУДН, 2005. – Вып. 7. – С. 281-284.

Надійшла до редколегії 24.03.10

МЕТОДИЧНІ РОЗРОБКИ

УДК 543.420

Ф. А. Чміленко, Н. П. Мінаєва, А. В. Сандомирський, Л. П. Сидорова

УСКОРЕННАЯ МЕТОДИКА ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара

Розроблена проста методика хроматографіческого определения примесей тяжелых металлов (Cu, Cd, Co, Ni, Zn, Pb) в почвах с границей определения ниже ПДК на 1–2 степени.

Ключевые слова: хроматография, тяжелые металлы, денситограмма, примеси, экстракция, почвы.

Ф. О. Чміленко, Н. П. Мінаєва, О. В. Сандомирський, Л. П. Сидорова

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара

ПРИСКОРЕНА МЕТОДИКА ХРОМАТОГРАФІЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТАХ

Розроблено просту методику хроматографічного визначення домішок важких металів (Cu, Cd, Co, Ni, Zn, Pb) у ґрунтах з межею визначення нижче ГДК на 1–2 ступеня.

Ключові слова: хроматографія, важкі метали, денситограма, домішки, екстракція, ґрунти.

F. A. Chmylenko, N. P. Mynajeva, A. V. Sandomirskij, L. P. Sydorova

O. Gonchar Dnipropetrovsk national university

AN EXPRESS METHOD OF A CHROMATOGRAPHIC DETERMINATION OF THE HEAVY METALS PRESENCE IN SOILS

In the present paper a simple and express method of heavy metals presence (Cu, Cd, Co, Ni, Zn, Pb) in soils is suggested. The method is based on the chromatographic investigation and could be applied for the soils with MCL lower than usual (1-2 levels).

Key words: chromatograph, heavy metals, densitogramme, admixture, extraction, soils.

Техногенная нагрузка на территорию Украины и повышение загрязнения тяжелыми металлами почв и водоемов негативно сказывается на здоровье населения (Золотов, 1992; Ильин, 1990). Почвы могут быть хорошим сорбентом многих химических веществ. Тяжелые металлы, попадающие с выбросами предприятий, прочно связываются уже в верхнем слое, взаимодействуют с почвенным гумусом, образуя труднорастворимые соединения (Другов, 2002). Учитывая потенциальную опасность тяжелых металлов, важную роль приобретают методы их контроля (Методические указания ..., 1992; Набиванець, 1996, Чміленко, 2005).

Определение тяжелых металлов в почвах связано с рядом трудностей: по количественному содержанию такие элементы, как Cu, Cd, Co, Ni, Zn, Pb и др., можно отнести к микрокомпонентам почвы, поэтому в зависимости от используемого растворителя иногда необходимо предварительное их концентрирование. Не все аналитические методы контроля имеют достаточную чувствительность для определения этих металлов. С этой целью используют в основном спектральные (атомно-абсорбционный и атомно-эмиссионный) и спектрофотометрические методы анализа. Они имеют достаточную чувствительность, результаты определения характеризуют-

ся высокой воспроизводимостью (Карякин, 1989; Кумина, 1989; Чмиленко, 2004). Данные методы хорошо комбинируются с методами концентрирования определяемых элементов – соосаждением, экстракцией и др. Следовые количества тяжелых металлов в почвах можно определять прямым методом с помощью ААС- и АЭД-спектрометров после экстракции водным раствором, содержащим нитрат аммония. Однако гораздо чаще (особенно при необходимости определения металлорганических соединений или их смесей с летучими органическими соединениями) применяют ГХ/ААС или ГХ/АЭД, причем целевые компоненты предварительно дериватизируют и определяют их в виде летучих производных – гидридов или алкильных соединений (Швед, 1984; Другов, 2002; Рудаков, 2004; Лисенко, 2005). Для этих методов необходимо использование дорогостоящего оборудования.

Исходя из сказанного целью данной работы была разработка упрощенной методики количественного определения тяжелых металлов методом тонкослойной хроматографии. Для повышения точности методики необходимо проводить денситометрическую обработку ТСХ пластин.

Принцип метода основан на экстракции ионов тяжелых металлов (ТМ) из водных растворов дифенилтиокарбазоном (дитизоном) с образованием окрашенных комплексных соединений, с последующим хроматографическим разделением экстракта в тонком слое сорбента и качественным и количественным определением. Подготовку проб проводили по методикам, указанным ниже.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Аппаратура: спектрофотометр атомно-абсорбционный «SpectrAA, Varian – AA 55B», (США) с пламенным типом атомизации и гидридной приставкой для определения ртути; люминескоп ЛПК-1 (Мукачево, Украина); испаритель ротационный HEIDOLPh Laborota 4000 (Германия); планшетный сканер EPSON Perfection 4990 Photo, формат А4, разрешение 4800×9600 dpi, оптическая плотность до 4.0Dmax, технологии Digital ICE, автоклавный комплекс конструкции НПВФ В-150 «Анкон-АТ2».

1. Приготовление раствора дитизона проводили следующим образом:

В делительную воронку на 500 см³ наливали 50 см³ хлороформа (свежеперегнанного квалификации ч.д.а.), добавляли 50 мг дитизона, 200 см³ дистиллированной воды и 5 мл 25%-ного водного раствора аммиака. Смесь энергично встряхивали 2 мин, нижний слой хлороформа отбрасывали. Промывали дитизон новыми порциями хлороформа по 50 и 20 см³. Добавляли 200 см³ хлороформа и 20%-ный раствор соляной кислоты до pH менее 6. Смесь встряхивали до полного перехода дитизона в хлороформ, нижний слой отделяли и промывали дистиллированной водой 4 раза по 50 мл. Непосредственно перед использованием дитизоновый раствор разбавили в 100 раз хлороформом.

2. Приготовление стандартных растворов тяжелых металлов (ТМ) с концентрацией 0,1 мг/см³ проводили из солей хлоридов или нитратов, имеющих постоянный состав, или из государственных стандартов состава растворов металлов производства Физико-химического института им. А. Богатского НАН Украины (г. Одесса) по ДЗСУ: Cu 022.47-96; Cd 022.42-96; Zn 022.63 -96; Hg 022.7-96; Pb 022.54-96; Co 022.7-98; Ni 022.83-98.

Соответствующие навески растворяли в мерных колбах на 100 см³ в водном растворе 0,1М соляной кислоты.

К 1 см³ стандартных растворов ТМ добавляли раствор аммиака до pH 7,0–8,5 (по универсальной индикаторной бумаге), количественно переносили в делительную воронку на 100 см³ и экстрагировали раствором дитизона по 3 см³, энергично встряхивая. Экстракцию повторяли до прекращения изменения окраски дитизонового раствора. Для удаления избытка дитизона, не вступившего в реакцию, объединенные органические экстракты промывали 5%-ным раствором аммиака 5 раз по 10 см³. Экстракт в хлороформе переносили в мерную колбу на 25 см³ и доводили хлороформом до метки.

3. Приготовление исследуемых растворов

Навеску (1,00 г) почвы, просеянной через сито с диаметром отверстий 0,35 мм и высушеннной при температуре 110 °C, залили кислотами и дальнейшую пробоподго-

товку проводили по ГОСТ 26927-86; ГОСТ 26935-86 или применяли автоклавную минерализацию, основанную на полном разложении (минерализации) органической основы пробы кислотами и их парами в герметично замкнутом объеме автоклава при воздействии температуры и давления на аналитическом автоклаве конструкции НПВФ «АНКОН-АТ-2». Образцы нейтрализовали концентрированным раствором аммиака до pH 7,0–8,5, фильтровали и количественно переносили в делительную воронку и проводили подготовку, как указано в п. 2, нижний слой упаривали при пониженном давлении на роторном испарителе.

4. Хроматографическое определение

Для хроматографии использовали пластинки Сорб菲尔 (ПТСХ-АФ-В-УФ) с такими характеристиками: тип сорбента – силикагель СТХ – 1ВЭ, зернением – 8–12 мкм, толщина слоя – 90–100 мкм, тип подложки – алюминий, размер 10×15 см. На предварительно высушеннюю в течение 3 ч при 110 °C тонкослойную хроматографическую (ТСХ) пластинку с помощью микрошприца на 10 мм³ наносили последовательно 1, 2, 5, 10 мм³ стандартного раствора смеси ТМ, приготовленного, как указано в п. 2. Сухие остатки исследуемых проб, полученные по п. 3, растворяли в 100 мм³ хлороформа и наносили аналогичным образом по 5, 10 и 50 мм³ с помощью микрошприца на 10 мм³ и 50 мм³ на пластинку ТСХ. Подвижную фазу готовили следующим образом: в делительную воронку помещали 40 см³ гексана, 60 см³ ацетона и 10 см³ 25%-ного водного раствора аммиака, смесь встряхивали после разделения слоев, в качестве ПФ использовали верхний слой. Использование предложенной ПФ дает оптимальные результаты как по форме пятен и стойкости их во времени, так и по наиболее приемлемым значениям R_f для анализируемых ионов металлов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оптимальное количество наносимого на пластинку ТСХ образца – 0,005–4 мкг. При этом пятна ТМ после хроматографирования в подвижной фазе имеют округлую форму. Большие количества наносимого образца дают большие и плохой формы пятна и заниженное значение R_f. Завышенное содержание одного или нескольких ТМ негативно сказывается на разделении и может маскировать соседние ТМ по значению R_f. В таком случае целесообразно применение двумерной хроматографии, когда пластинка хроматографируется в двух направлениях. После того как фронт растворителя поднимется не доходя 5 мм до верхнего края пластины, ее вынимали из камеры ТСХ, высушивали на воздухе под вытяжкой и повторно хроматографировали под углом 90° к первоначальному положению. Использование данного приема позволяет избавиться от мешающего влияния компонентов матрицы пробы.

Сканировали хроматограмму на планшетном сканере, переводя ее в компьютерное изображение в виде графических файлов, в которых сохранялась информация о всех цветовых переходах на ее поверхности. Далее изображение обрабатывали на персональном компьютере с использованием программы «ТСХ-менеджер» @ PinSoft. Принцип работы программы основан на процессе перевода графического изображения в оцифрованный хроматографический сигнал. При этом количественно оцениваются все разделившиеся компоненты одного образца и строится хроматограмма в координатах X – «R_f», Y – «Интенсивность». «Интенсивность» – это интенсивность окраски пятна по отношению к значению фона. Таким образом определяется R_f и площадь пика.

В этой же программе строили градуировочные графики по стандартным растворам, рассчитывали содержание ТМ в пятне исследуемого образца и проводили пересчет по формуле:

$$X = C * V_1 / m * V_2 * 1000$$

где X – содержание металла в пробе, мг/кг, мг/см³; C – количество ТМ в пятне, рассчитанное программой «ТСХ – менеджер», мкг; m – масса или объем исследуемой пробы, г, см³; V₁ – объем, до которого доведен экстракт пробы после роторного испарителя (100), мм³; V₂ – объем пробы, нанесенный на пластинку, мм³.

В таблицах 1–3 представлены результаты определений.

Таблица 1

Коэффициенты подвижности и окраска пятен некоторых соединений методом ТСХ

№ элемента	Определяемый элемент	Комплексное соединение	Окраска пятна	R _f
1	Медь	CuDz	Желто-коричневая	0,29
2	Кадмий	Cd(HDz) ₂	Желто-красная	0,34
3	Свинец	Pb(HDz) ₂	Киноварно-красная	0,40
4	Кобальт	Co(HDz) ₂	Фиолетовая	0,46
5	Никель	—	Темно-серая	0,52
6	Цинк	Zn(HDz) ₂	Пурпурно-красная	0,59

При проведении анализа одних и тех же образцов почвы методами ТСХ и ААА нами установлена хорошая согласованность полученных результатов.

Сравнительная характеристика результатов ТСХ-метода и атомно-абсорбционного метода приведена в табл. 3.

Таблица 2

Метрологические характеристики метода

Определяемый элемент	Диапазон определяемых концентраций, мг/л	Абсолютная концентрация металлов в пятнах, ми-нимально детектируемые, мкг	S _r
Медь	0,001–20,0	0,05	0,07–0,10
Кадмий	0,001–0,5	0,05	0,10–0,12
Свинец	0,004–0,2	0,1	0,06–0,19
Кобальт	0,00025–2,0	0,025	0,05–0,10
Никель	0,00025–2,0	0,025	0,08–0,11
Цинк	0,001–10,0	0,01	0,04–0,09

Таблица 3

Результаты определения примесей тяжелых металлов в вытяжке из чернозема обыкновенного

TM	Результат определения, мг/кг.			
	Метод АА	S _r	Метод ТСХ	S _r
Cu	44,1±5,0	0,11	42,5±4,5	0,10
Cd	0,9±0,1	0,10	1,2±0,2	0,12
Zn	57,3±5,5	0,09	55,4±6,0	0,11
Pb	22,5±2,2	0,09	24,1±2,8	0,14
Ni	8,6±0,9	0,11	7,5±0,8	0,12
Co	10,4±1,2	0,10	8,1±0,9	0,11

Оценивание характеристик систематической составляющей погрешности результатов для вытяжки почв проводили с применением стандартных образцов согласно МИ 2336-95. Было установлено, что суммарная погрешность измерений не превышает нормы погрешности установленные для данного диапазона измеряемых концентраций по ДСТУ–ГОСТ 27384:2005).

Таким образом, разработана методика экстракционно-хроматографического определения ионов тяжелых металлов Cu, Cd, Co, Ni, Zn, Pb в почвах. Методика позволяет одновременно проводить определение на одной ТСХ-пластинке до 6 образцов на все ТМ. Возможно использование данной методики для предварительного разделения металлов с последующим количественным определением другими методами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Другов Ю. С. Пробоподготовка в экологическом анализе / Ю. С. Другов, А. А. Родин. – СПб. : Анатolia, 2002. – 755 с.

ДСТУ–ГОСТ 27384:2005. Норми похибки вимірювань показників складу і властивостей. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 5 с.

Золотов Ю. А. Аналитическая химия: проблемы и достижения / Ю. А. Золотов. – М. : Химия, 1992. – 288 с.

- Ильин В. Б.** О загрязнении тяжелыми металлами почв и сельскохозяйственных культур предприятием цветной металлургии / В. Б. Ильин // Агрохимия. – 1990. – № 3. – С. 92-99.
- Карякин А. В.** Атомно-эмиссионное определение микроэлементов в кубинских почвах с применением ультразвуковой обработки проб / А. В. Карякин, М. С. Помарес Альфонсо, Д. М. Кумина и др. // Журнал аналит. химии. – 1989. – Т. 44, № 8. – С. 1480-1484.
- Кумина Д. М.** Ультразвуковое извлечение микроэлементов из почв и растений в раствор для последующего их определения атомно-абсорбционной и атомно-эмиссионной спектрометрией / Д. М. Кумина, Е. М. Савинова, Т. В. Шумская и др. // Журнал аналит. химии. – 1989. – Т. 44, № 3. – С. 567-569.
- Лисенко О. М.** Вступ до хроматографічного аналізу / О. М. Лисенко, Б. Й. Набиванець. – К. : Корвін-прес, 2005. – 187 с.
- Методические указания** по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М. : ЦИНАО, 1992. – 60 с.
- МИ 2336-95.** Рекомендация. ГСИ. Характеристики погрешности результатов количественного химического анализа. Алгоритмы оценивания. – Екатеринбург, 1995. – 44 с.
- Набиванець Б. Й.** Аналітична хімія навколошнього середовища / Б. Й. Набиванець, В. В. Сухан, Л. В. Карабіна. – К. : Либідь, 1996. – 304 с.
- Рудаков О. Б.** Спутник хроматографиста. Методы жидкостной хроматографии / О. Б. Рудаков, И. А. Востров, С. В. Федоров и др. – Воронеж : Водолей, 2004. – 528 с.
- Чмиленко Ф. О.** Аналітична хімія ґрунтів: Навч. посібник / Ф. О. Чмиленко, Н. М. Смітюк. – Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту, 2005. – 156 с.
- Чмиленко Ф. А.** Использование ультразвука при определении валового содержания тяжелых металлов в черноземах / Ф. А. Чмиленко, Н. М. Смитюк // Почвоведение. – 2004. – № 6. – С. 685-690.
- Швед Г.** Хроматографические методы в неорганическом анализе / Г. Швед. – М. : Мир, 1984. – 252 с.

Надійшла до редакції 22.01.09

РЕЦЕНЗІЇ

**Карпачевский Л. О. Экологическое почвоведение. –
М. : ГЕОС, 2005. – 335 с.**

«На стыке наук рождаются открытия»
(С. С. Шварц, 1975)

В монографии Л. О. Карпачевского развиваются взгляды наших предшественников В. В. Докучаева, В. И. Вернадского, В. Н. Сукачева, С. В. Зонна, Г. В. Добровольского, Е. Д. Никитина, В. А. Ковды, В. Р. Вильямса, Г. Н. Высоцкого, А. Л. Бельгарда, О. Г. Чертова, Б. А. Быкова, Б. М. Миркина, Б. В. Виноградова, Д. Г. Тихоненко, М. О. Горина и многих других, которые внесли значительный вклад в проблему свойств почв и их экологическое значение.

В аннотации подчеркивается, что монография посвящена анализу основных свойств почв и их экологической роли. Раскрывается значение этих свойств в жизни растений, их связь с животными, поднимаются для обсуждения ряд дискуссионных моментов в интерпретации таких понятий, как история почвенного покрова, факторы, свойства, генезис некоторых почв. Обсуждается динамика свойств почв и их соотношение с биогеоценотическими процессами.

На современном этапе развития биогеоценологии весьма важным является методологическое осмысление места экологического почвоведения в системе наук.

Известно, что возникновение новых переходных научных дисциплин, обладающих чертами обеих или трех смежных наук – механики и математики, математики и физики, физики и химии, физики и биологии, биологии, геологии и химии и т. д., обусловлено характером развития самой природы. Так, например, созданное В. В. Докучаевым (1883) почвоведение находится на стыке геологии с биологией и обязано своему происхождению близости этих двух отраслей знаний.

Рассматривая место той или иной науки в системе развития естествознания, возникает возможность предвидеть появление новых наук, которые синтезируют в себе черты смежных дисциплин (Кедров, 1947) со сложноподобным типом эволюции (Зонн, 1964).

М. В. Ломоносов (1741) убедительно доказал на практике целесообразность и необходимость возникновения новых переходных наук в курсах «Элементы математической химии», «Физическая химия» (1752), которые преподавал студентам Петербургской Академии наук.

Трудами В. И. Вернадского, А. Е. Ферсмана, Б. Б. Полынова и других на основе положений химии и геологии была создана геохимия, а в результате объединения трех наук возникла биогеохимия.

Генетическое почвоведение послужило основой создания лесного почвоведения, агропочвоведения, агрохимии, экологического почвоведения, мелиоративного почвоведения, агропочвоведения, агрохимии, санитарного почвоведения, палеопочвоведения и др.

Биогеоценология как наука о биокосных системах разного ранга является подлинно синтетической наукой. Это не одна из биологических наук, а целый комплекс различных наук (Сукачев, 1942, 1960; Номоконов, 1989). Используемый в биогеоценологии системный подход оказался весьма перспективным.

Как отмечалось в Постановлении Президиума Академии наук Союза ССР от 11 июня 1970 г. № 588, подписанном Президентом Академии наук академиком М. В. Келдышем, «...биогеоценология, а через нее и общее учение о биосфере является высшим обобщением всех предшествующих классических направлений биологической науки».

Г. В. Добровольский и Е. Д. Никитин (1989) метко и верно подчеркивали «...необходимость всенародного развития учения об экологических функциях почв», и далее: «... Может быть, впоследствии это учение разовьется в экологическое почвоведение...».

Почва как компонентное тело биогеоценоза входит в состав целого класса своеобразных биокосных природных образований и исследуется автором книги проф. Л. О. Карпачевским многие десятки лет как непосредственно в природе, так и в лабораторных условиях, что в результате дает возможность высказывать автору неординарные идеи, которые становятся доказательством теоретического и практического почвоведения. Чтобы дать объективную оценку рецензируемого труда, считаем необходимым связать эти фундаментальные многогранные сведения автора с историческими аспектами, которые предшествовали логике и обобщениям автора. Так, например, рассуждая об экологии и о месте этой науки в системе наук, Н. В. Тимофеев-Ресовский (1970) приводит слова Нильса Бора: «...Сейчас точность определяется не количеством математических формул на странице, а степенью строгости определения тех элементарных структур и явлений, которые характеризуют данную область исследования». Подходя к системному методу, ученый подчеркивал, что жизнь на планете должна изучаться на разных уровнях: на молекулярно-генетическом, онтогенетическом, популяционном и биогеоценотическом; биогеоценозы В. Н. Сукачева являются элементарными ячейками биогеохимической работы биосферы.

А. А. Малиновский (1970) в статье «Теория структур и ее место в системном подходе» предлагает теоретическую биологию по аналогии с теоретической физикой разделить на два направления: одно направление можно назвать изучением «микромира» в биологии, которое связано с молекулярной биологией и пролегает на грани между биологией и другими науками, там, где биологические закономерности переплетаются с физическими. Другое направление – это изучение макромира.

С. С. Шварц (1975), говоря об экологических основах охраны природы, подчеркивает, что большое значение имеет развитие биологии на двух флангах: левом (биохимия, молекулярная биология) и правом (популяционная биология, биогеоценология), что «...будущее биологии – в синтезе обоих направлений».

С. В. Зонн (1964) считал, что «основу изучения почвы как компонента биогеоценоза составляет познание всех многообразных взаимодействий ее с остальными живыми и косыми компонентами биогеоценозов и в первую очередь участие почвы в биогеоценотическом обмене веществом и энергией».

Развивая взгляды своего учителя, Л. О. Карпачевский четко и целеустремленно свои исследования направляет на выявление влияния свойств почв.

Экологическое почвоведение не один десяток лет было в поле зрения почвоведов-биогеоценологов. Название новой науки использовал в своих исследованиях Л. Н. Соболев (1966), который в дискуссионной статье на страницах журнала «Почвоведение» (1966, № 10, с. 1-10) «О некоторых вопросах экологического почвоведения» отмечал, что рассмотрение взаимосвязи почв и растительности, т.е. влияния почвы на растительность и растительности на почву, должно составлять предмет экологического почвоведения, отличного от экологии почв в том смысле, который придает ему Волобуев. И далее: «Мы стоим сейчас лишь у истоков экологического почвоведения, в начале разработки его методов и не можем сказать, насколько глубоко может быть детализировано соответствие почв и растительного покрова. Это требует теснейшей увязки работы почвоведа с работой геоботаника и полного понимания материала обоих предметов исследования». Л. Н. Соболев высказывает великоделенную мысль, что **единство условий развития почвы, на которое обращается главное внимание при генетической классификации почв, еще не определяет тождества местообитания и растительности**. Не отвергая генетической классификации, ученый утверждает, что наряду с генетической классификацией может иметь место и такая, в основу которой должны быть положены признаки экологические. И далее: «... Говоря об экологической классификации наряду с генетической, мы не находим основания для того, чтобы их противопоставлять... Вся беда состоит в том, что этой разработки взаимосвязанных классификаций почв и растительности еще нет и не существует как особого раздела учения о почве – экологического почвоведения». Л. О. Карпачевский еще в 1977 г. подчеркивал, что «...влияние одного вида растений (древесной породы) на почвы может быть различным в разных биогеоценозах».

Своебразный подход к экологическим проблемам в почвоведении высказывал С. В. Головенко, предлагая такие понятия, как биопедоника, биопедосы.

З. Г. Залибеков в статье «О путях развития современной экологии почв» («Почвоведение», 1989, № 1) сообщает, что «...эта наука была уже определена Костычевым как изучение почв по их отношению к жизни растений; сейчас основное внимание обращается на влияние растительности на почвообразование, а не на обратное влияние почв на растительность; вопросы влияния растительности на почву как одного из факторов почвообразования в настоя-

шее время составляют часть экологии почв». И далее: «...Существует два направления: соотношение между почвой и условиями среды и изучение взаимодействия человека и почв (антропогенная динамика). Современная экология почв должна объединить эти направления по принципу: свойства ← процессы ← факторы».

Несмотря на оригинальность мыслей З. Г. Залибекова, все же здесь ученый не ведет речь именно об экологическом почвоведении.

Огромный широкомасштабный вклад в понимание связи почвоведения с экологией сделал академик В. Р. Волобуев, автор знаменитой книги «Экология почв» (1963), который под экологией почв понимал отрасль почвоведения, имеющую целью выяснение закономерностей связи почв со средой: «...Содержанием экологии почв, можно сказать, должно быть изучение закономерных соотношений между почвой и средой ее формирования, в их взаимодействии и развитии» (с. 9).

Один из авторов настоящей рецензии на свой похвальный отзыв о книге «Экология почв» получил ответ от автора следующего содержания: «...Я испытываю свои чувства благодарности на возможность сознания, что у меня есть друг и Ваше мнение закрепило во мне это ощущение».

В. И. Вернадский в работе «Об анализе почв с геохимической точки зрения» («Почвоведение», 1936, № 1) утверждал, что «...атомы живого покрова принадлежат отчасти к косному веществу земной коры, частично к живому. Желательно и важно количественно учитывать эти два явления отдельно. Почва является вторичным биокосным образованием». И далее, рассуждая «О значении почвенной атмосферы и ее биогенной структуры» («Почвоведение», 1944, № 4–5), ученый подчеркивает: «Хочу обратить внимание читателей «Почвоведения» на ряд новых важных работ (1942–1944) одного из крупнейших биологов – академика Н. Г. Холодного. Задачей моей сейчас является поставить их в рамки современной биогеохимии».

В работе «Возникновение жизни и первичные организмы» Н. Г. Холодный утверждает, что поскольку живое вещество имеет всегда коллоидный характер, особо следует подчеркнуть развитие химии коллоидов, которой мы обязаны значительным расширением наших знаний о структуре протоплазмы; без этих знаний нельзя, конечно, дать, сколько-нибудь удовлетворительную картину эволюционных изменений материи в пробиотической и биотической фазах ее развития» (Избр. тр. Т. 3, с. 261, 267). Для того чтобы кооцерватные системы могли переступить через грань, отделяющую мертвое от живого и достигшую биотической фазы, необходимо было изменение всех условий окружающей среды. Такое радикальное изменение было связано с окончательным высыханием прибрежных водоемов, что обусловило разрушение огромного количества кооцерватных систем. Н. Г. Холодный подчеркивает: «Смешиваясь с выпавшими из раствора осадками минеральных соединений, эти остатки послужили основой для образования первобытной почвы, или, точнее, первобытного ила, на поверхности которого теперь находились только уцелевшие и способные к дальнейшему развитию кооцерватные системы, уже обладавшие основными свойствами живых существ. Назовем их для краткости архебионтами. Возник примитивный почвенный покров» (т. 5, с. 266).

М. А. Глазовская, Е. Н. Парфенова (1978) отмечают заслугу Б. Б. Польнова в развитии биогеохимических идей В. И. Вернадского и его собственной науки – геохимии ландшафтов. А. И. Перельман (1978) большое внимание уделяет работам Б. Б. Польнова в области геохимии трех биокосных систем – почв, кор выветривания и ландшафтов.

С геохимических позиций были изучены и другие биокосные системы – илы, водоносные горизонты, океан.

В нашем конкретном случае следует иметь в виду предупреждение И. А. Соколова (1989) о том, что экологию почв следует четко отличать от экологического почвоведения и от экологии почвенных организмов.

Книга Л. О. Карпачевского «Экологическое почвоведение» вносит ясность в новую науку и служит примером использования энциклопедических знаний для доказательства объективного возникновения этой отрасли знаний о почве. На стыке наук рождаются открытия.

Монография раскрывает мощный пласт знаний не только собственно почвоведения, но и ряда смежных наук, которые касаются истории почвенного покрова, процессов генезиса, динамики свойств почв и их соотношения с почвенными процессами и окружающей средой.

По своей многогранности, полноте насыщенности материалом, методологическому подходу книга является фундаментальным оригинальным синтетическим научным сочинением в относительно завершенном виде и подводит черту под многими дискуссионными толкованиями о взаимообусловленности почвы как биокосного тела с экологией.

Выход в свет монографии Л. О. Карпачевского «Экологическое почвоведение» – значительное событие для почвоведов, биогеоценологов, для специалистов в области экологии и ноосферологии.

С точки зрения методологии автор, с одной стороны, стоит, говоря словами Н. В. Тимофеева-Ресовского, на позициях Нильсона Бора, «...что сейчас точность определяется не количеством математических формул, а степенью строгости определения тех элементарных структур и явлений, которые характеризуют данную область исследования». С другой стороны, автор руководствуется требованиями математика Араго, который утверждал, что «...неблагоразумен тот, кто отрицает возможность чего-либо вне области чистой математики». Вследствие такого диалектического приема каждое высказанное положение Л. О. Карпачевским аргументируется не только убедительной и безупречной логикой, но и достоверными, многочисленными фактическими документированными показателями.

Цель экологического почвоведения, отмечает Л. О. Карпачевский, «осветить современное состояние почвоведения, делая упор на экологические аспекты...». И далее: «...Почвоведение относится к группе экологических наук...одновременно почва – компонент биосфера, базис многих экосистем суши. Почва является фундаментом жизни и эволюции биосфера. Здесь упоминаются слова академика РАН Г. В. Добровольского, который подчеркивает, что «... горная порода становится почвой тогда, когда она приобретает экологические функции».

Монография состоит из 22 глав и заключения.

Глава 1 «Почва и биосфера». Здесь уделяется значительное внимание проблеме «Биосфера и экосистемы». По мнению автора, экосистемы могут быть разными по уровню организации, размерам и составу: биогенные экосистемы, органогенные, биокосные экосистемы. К биокосным экосистемам относится и биогеоценоз. Рассуждая о структурных уровнях биологических систем, Н. В. Тимофеев-Ресовский подчеркивал, что «... вся биосфера разбита на то, что В. Н. Сукачев предложил назвать биогеоценозами; это – некий комплекс биотических и абиотических единиц...». По утверждению В. В. Докучаева, почва входит в состав целого класса своеобразных природных образований – биокосных тел. В этой главе уделяется внимание понятию структуры экосистем, так как системные исследования начинаются тогда, когда структура сложного объекта, каким является почва как компонент БГЦ, становится предметом функционального анализа. Почва рассматривается в качестве среды обитания, как механическая опора, регулятор водного и теплового режима, фактор дезактивации токсических веществ, носитель информационных функций, управляющих функций, как пусковой механизм для ряда сукцессий, биохимические функции, трансформационные, сорбционные, матричные, функции экологического соответствия и др.

Глава 2 посвящена почве и горной породе, которая определяет ряд экологических функций почв. Содержательно и доступно излагается классификация горных пород, размер минеральных зерен и их химический состав. В итоге предлагается схема, которая как бы дисциплинирует наши знания о преобразовании породы в почву.

Глава 3 раскрывает свойство строения почвы как природного тела, ее профили, диагностические горизонты с индексацией, морфологические свойства – цвет (дается шкала Манселла и традиционное название цветов), условия образования структуры, типы структуры, свойства структурных и бесструктурных почв, условия разрушения структуры; сопряженность типов почв и почвенных агрегатов (агрегатной структуры), новообразования и т. д., экологическую роль этих свойств.

Глава 4 «Физические свойства почв» включает гранулометрический состав и его толкование, влияние на специфику поверхности почвы, плотность, пористость, электрические свойства, магнитные свойства. В заключение автор приводит всесторонние примеры, которые подтверждают важность и огромное экологическое значение, что непременно должно учитываться исследователем.

Глава 5 «Водные свойства почв и их экологическое значение». Здесь читатель найдет материалы, касающиеся водных констант, формы воды в почве, потенциал почвенной воды, влагопроводность и многие другие свойства почв.

Глава 6 посвящается водному режиму почв – этому сложному явлению, которое связано в почве с множеством факторов среды и играет, как правило, решающую роль в жизни почвенных растений и животных. Иллюстрируется американская классификация водного режима почв, параметры оценки, водный баланс. Автор предупреждает, что многие исследователи отождествляют водный режим с водным балансом почв. Водный баланс – лишь один из параметров, характеризующий водный режим, соотношение прихода и расхода воды в почве. Дается ряд полезных примеров и методов для лесных гидрологов. Обращается внимание на пере-

движение воды в почвах, понятие о гидрологическом профиле почв, предложенное А. А. Роде и, наконец, на экологическую классификацию водного режима почв.

Глава 7 раскрывает свойства и их экологическое значение, связанные с тепловым режимом почвы. Дается понятие теплового баланса почвы, роли тепла в жизни экосистем и в почвообразовании, классификации теплового режима, влияния температуры на почвенные процессы, классификации теплового режима Г. В. Ерукова, который развивает идеи Л. Г. Раменского – А. А. Роде «о множественности почвенных профилей».

Глава 8 «Газовый режим почвы и его зависимость от влажности и температуры почвы». Содержание в почве CO₂, выделение CO₂ из почвы, работы незабвенного В. Н. Мины, поведение CO₂ в геологической истории Земли и в современных условиях. Рассматриваются и другие газы в системе «почва – атмосфера», а также влияние атмосферы на почву.

Глава 9 «Химический состав почв». Здесь уделяется внимание валовому составу почв, валовому составу почвенного ила, валовому составу и генезису ферраллитных почв, валовому составу почв и ила ряда почв, валовому составу почв и биоты. В этой главе автор выделяет в биосфере несколько ассоциаций: основная ассоциация связана с исходными геологическими породами, а вторую ассоциацию можно назвать биохимической, так как она формируется биотой, почвенная ассоциация представляет собой суммарный итог взаимодействия двух перечисленных ассоциаций.

Глава 10 «Биологический круговорот или циклы элементов в биосфере». Автор акцентирует внимание на работах В. Р. Вильямса о геологическом и биологическом круговороте и посвящает им отдельные подразделы: геологический круговорот и биологический круговорот веществ. Раскрывается роль трофических связей с их составляющими, продуктивность биосферы, химический состав живых организмов, понятие Кларка, соотношение Кларков элементов в разных компонентах биосферы и атмосферы, разложение растительного материала.

Глава 11 посвящена циклам основных элементов в биосфере. Здесь показаны закономерности распределения органических веществ и биоты в экосистемах, цикл азота, цикл фосфора, цикл калия, цикл серы.

Глава 12 «Почвенное органическое вещество». Описывается биологический круговорот, который приводит к накоплению органического вещества – энергии, полученной в результате фотосинтеза и аккумуляции солнечной энергии. Значительная роль отводится лесной подстилке, ее классификации, месту подстилки в экосистеме, химическому составу подстилки, ее экологическим функциям, влиянию подстилки на почву, водорасторимым химическим веществам, органическому веществу минеральных горизонтов почвы, происхождению органического вещества в процессе почвообразования, разложению органического вещества. Определенное внимание уделено органической матрице почвы, составу почвенного гумуса, дискуссионным вопросам происхождения почвенного гумуса. Правильно сделал автор книги, детализируя понимание фракционного состава гумуса, роли гумусовых веществ в почве, углерода и азота в органическом веществе почвы.

Глава 13 посвящена почвенной матрице и почвенным коллоидам. Почвенная матрица включает три составляющие – минеральную, органическую и органо-минеральную. Большое внимание уделяется почвенным коллоидам, органической и органо-минеральной матрице, органо-минеральным гелям в почве.

Глава 14 «Минералы в почве» посвящена изоморфным замещениям, типам глинистых минералов, группе смешанных минералов, соединениям и минералам железа и другим почвенным минералам.

Глава 15 «Поглотительная способность почв и обменные катионы» – своеобразный памятник творцу учения «О почвенном поглощающем комплексе» К. К. Гедройцу, его работам на Долгопрудном опытном поле НИУ в 1930-х годах прошлого века. Автор развивает и расширяет многие понятия ППК и связывает обменные катионы с почвенной матрицей (Зубкова, Карпачевский, 2001). Он подчеркивает, что обменные катионы легко обмениваются на другие катионы, при этом свойства почв, характерные при данном обменном катионе, восстанавливаются после вторичного замещения активных центров на почвенной матрице. Приводятся интересные данные о составе обменных катионов в разных почвах стран мира, в том числе в России. Здесь делается попытка выяснить влияние обменных катионов на матричные свойства минералов, ионообменный процесс, влияние на почву химически и физически адсорбированных катионов. Свойства почвы, рассматриваемые с позиций матричного разнообразия, в различной степени влияют на экологические функции почв.

Глава 16 вводит нас в царство кислотности почв. Здесь приводятся конкретные материалы, дающие углубленные понятия о кислотности почв, их природе и значении. Раскрывается

роль ионов водорода и алюминия в возникновении кислотности почв, приводятся примеры химических реакций, излагаются различные формы почвенной кислотности, буферность почвы, почвообразование и pH и его экологическое значение.

Глава 17 «Динамика химических свойств почвы». Важную роль здесь играет динамика стабильных и относительно стабильных элементов почвы, которые находятся в ее валовом составе. При исследовании динамики химических свойств валового анализа необходимо учитывать, что они «по наследству» получили свой состав от почвообразующей породы.

Изменение валового состава происходит и в результате выноса вещества из почвы водой, что подтверждается в экспериментах с помощью лизиметрической установки, из профиля и по различиям отдельных генетических горизонтов. Даются примеры постановки модельных опытов для оценки изменения валового состава в различных генетических типах почв и на отвалах при рекультивации нарушенных земель. Приводится динамика валовых форм химических соединений при оглеении, накопления гумусовых веществ, значений pH, окислительно-восстановительные режимы почв, динамика обменных катионов и др.

Глава 18 «Питательный режим почв». Л. О. Карпачевский знакомит читателя с новейшими методами, которые позволяют определить количество водорастворимых форм химических соединений без отбора образцов. Раскрывается сущность понятий подвижных питательных веществ, причины их динамики, роль факторов среды, фитоценоз как главный регулятор динамики питательных веществ; динамика азота, калия, фосфора в лесных экосистемах; оценка содержания питательных веществ в полевых условиях, доля участия различных факторов в динамике питательных веществ. В конце раздела автором изложены свои оригинальные позиции с точки зрения форм динамики процессов, которые протекают в биогеоценозах и биосфере в целом.

Глава 19 «Почвенные процессы». Обращается внимание на процессы и свойства, их взаимосвязь и взаимообусловленность, а также присущие почвенным образованиям все формы динамики БГЦ – как циклические, так и сукцессионные. Один из подразделов раскрывает сущность иерархии процессов, которые в какой-то степени аналогичны уровням организации почв: процессы молекулярные, массопереноса, формирования почвенного профиля, формирования почвенного покрова. Уделяется внимание развитию взглядов на «почвенные процессы»: работы Коржинского, Костычева, Коссовича, Геммерлинга, Вильямса, Глинки, Неуструева, Попынова, Гедройца, Роде, Герасимова, Глазовской, Зонна, Р. Д. Мак Крекен, С. Боул и Ф. Хоул, Ф. Дюшофура, Розанова. Даётся краткая классификация элементарных почвенных процессов, а в заключение автор подчеркивает, что почвенные разнообразные процессы определяют свойства почв и их экологические функции.

Глава 20 «Классификация почв». После небольшого вступления дается обзор классификации почв мира, особое внимание обращается на классификацию почв России, классификации США, ФАО – ЮНЕСКО, почвенные группы в классификации мировой базы данных.

Глава 21 освещает вопросы географии почв и структуры почвенного покрова.

Глава 22 «Экологическая роль почвы». Подчеркивается, что экологические функции почв проявляются по-разному в зависимости от климата и агротехники. В естественных условиях экологические функции почв (Доброльский, Никитин) содействуют существованию экосистем в любой зоне при любом климате.

Известно, что к числу самых авторитетных научных наград относится Нобелевская премия, учрежденная 29 июня 1900 г. в соответствии с завещанием Альфреда Бернхарда Нобеля.

Профессор Зельман Абрахам Ваксман – известный специалист в области почвоведения и экологии сельскохозяйственного колледжа Рочестерского университета в Нью-Брансунке свою знаменитую книгу «Антагонизм микробов и антибиотические вещества» начинает фразой: «...С экологической точки зрения микроскопические формы жизни могут быть разделены на две большие группы... антибиотические вещества почвы обладают весьма различными физическими и химическими свойствами. Почва, навоз, водоемы являются естественной средой для развития антагонистов, вызывающих гибель патогенных бактерий». За открытие стрептомицина – первого антибиотика, эффективного средства борьбы с туберкулезом – З. А. Ваксман был удостоен в 1952 г. Нобелевской премии. Впервые врачи получили средство для борьбы с «белой чумой» – неизлечимой формой туберкулеза.

К недостаткам можно отнести: малый тираж (400 экз.) при огромном спросе на изданное произведение, часто слишком укороченное изложение некоторых сложных и важных для теории и практики глав и разделов, недостаточное внимание микроморфологии почв, матричному пониманию сущности процессов почвообразования. Есть необходимость подготовить

книгу для выпуска второго издания – этого ценного и крайне необходимого научного произведения.

В заключении автор книги обобщает изложенные научные позиции в области экологического почвоведения и подчеркивает, что почва является экологическим гарантом на земле и в этом ее фундаментальное значение в системе других природных тел.

Технический прогресс создал возможности более пристальных исследований свойств почв и их функций, неограниченные возможности для углубленного познания почвы как природного тела, компонента биосфера и антропосфера, которые взаимодействуют с другими природными телами, определяют родство с другими науками – геологией, гидрологией, биологией, экологией, археологией, географией.

Почва как сердцевина ландшафта, по выражению В. В. Докучаева, влияет на формирование естественных биогеоценозов (БГЦ), агроэкосистем, на эволюцию экосистем, а также живых организмов.

Вот почему для понимания биосферы необходимо знать основные этапы развития почвенного покрова. Так, например, в связи с гипотезой о парниковом эффекте и его последствиях важно исследовать газообмен между почвой и атмосферой, а правильная оценка баланса углерода между атмосферой и почвой позволит прогнозировать дальнейшее развитие этих процессов. Далее автор подводит краткие итоги научных достижений и открытий в XX и в начале XXI в.

Почвоведы под руководством В. В. Докучаева провели инвентаризацию почв России. Фундаментальный анализ научной литературы по почвоведению до 1927 г. был приведен К. Д. Глинкой. К концу 30-х годов XX столетия под руководством Л. И. Прасолова была составлена почвенная карта СССР. Были изданы карты почв СССР и мира, составленные российскими почвоведами, а также при их участии в ФАО – ЮНЕСКО.

Учение В. Н. Сукачева (1942) о биогеоценозе послужило основой для комплексного исследования биосферы всех ее компонентов. Особое звучание получили почвенные процессы, которые расширили свои возможности с использованием компьютерной техники, генезис почв, палеопочвоведение, генезис основных почв мира, массоперенос, экологические функции почв, изоморфные замещения, электрические и магнитные свойства почв, а также исследования радионуклидов, изучение педолиза, анализ биологически активных веществ, компартментация – образование специфических центров активности, генезис естественных почвенных агрегатов, дистанционные методы исследований, составление геоинформационных систем, создание Красной книги почв и т.д.

1999 год увенчался знаменитым событием – вышла в свет монография С. В. Зонна в двух частях (59,7 усл. печ. л.) «История почвоведения России в XX веке (неизвестные и забытые страницы)».

Значительная работа проведена в модельном исследовании почвенных процессов, водного режима, почвы как структурного элемента экосистем, почвенного органического вещества, почвенной микробиологии, микроморфологии почв и ее минерального состава.

Получило должное развитие экологическое почвоведение, которое занимается исследованием экологических свойств и функций почв.

Возникает необходимость еще и еще раз возвратиться к пророческим словам В. В. Докучаева, который в статье «Место и роль современного почвоведения в науке и жизни» (1899) писал: «Находясь по самой сути дела, можно сказать, в самом центре всех важнейших отделов современного естествознания... Эта еще очень юная, но зато исполненная чрезвычайного, высшего научного интереса и значения, дисциплина с каждым годом делает все новые и новые успехи и завоевания, с каждым днем приобретает себе все более и более деятельных, энергичных и, главное, страстно любящих свою науку работников и адептов; и уже недалеко то время, когда она, по праву и великому для судеб человечества значению займет вполне самостоятельное и почетное место со своими собственными, строго определенными задачами и методами, не смешиваясь ни с существующими отделами естествознания, ни, тем более, с распывающейся во все стороны географией. Но пока настанет это желанное для естествознания и человека время, ближе всего к упомянутому учению, составляя, может быть, главное, центральное ядро его, стоит (не обнимая, однако, его вполне), насколько мы в состоянии судить, новейшее почвоведение, понимаемое в нашем русском смысле слова».

Один из блестательных учеников корифея науки о почве и биогеоценологии Сергея Владимировича Зонна Л. О. Карпачевский, обладающий энциклопедическими знаниями, в последние годы издал серию великолепных книг, в которых освещаются различные грани взаимосвязей почвенных процессов с экологией. Экологическое почвоведение давно «стучат-

лось в дверь» и ждало своего научно обоснованного места в системе наук. Рецензируемая книга – это уникальный труд, программа исследований на многие десятилетия, произведение, достойное светлой памяти своих незабвенных учителей. Это руководство к действию молодых специалистов в области экологического почвоведения, расширенная программа и своеобразный справочник с широкой информацией.

Несмотря на отмеченные некоторые недостатки, скорее пожелания, фундаментальный труд Л. О. Карпачевского, безусловно, заслуживает самой высокой оценки, является ценным пособием не только для почвоведов, экологов, биогеоценологов, но и для физиков, химиков, математиков, для студентов и аспирантов, работающих в области информационных взаимодействий, рационального управления нелинейными природными процессами, а также для всех, кто интересуется проблемами экологического почвоведения, законами функционирования экологических систем, вопросами их охраны и восстановления.

A. П. Травлеев,
член-корреспондент НАН Украины,
доктор биологических наук, профессор
кафедры геоботаники, почвоведения и экологии
Днепропетровского национального университета им. Олеся Гончара

H. A. Белова,
доктор биологических наук, профессор,
зав. кафедрой товароведения и таможенной экспертизы
Академии таможенной службы Украины

**Наумов Г. Б. Геохимия биосферы. –
М. : Издательский центр «Академия», 2010. – 384 с.**

Учебно-методическое объединение по классическому университетскому образованию Российской Федерации санкционировало выпуск учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по геологическим и экологическим специальностям, «Геохимия биосферы». Ее автор – известный ученый, доктор геолого-минералогических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Государственного геологического музея им. В. И. Вернадского Российской академии наук Г. Б. Наумов. Известность автору принесли не только результаты оригинальных научно-исследовательских работ, но и широкая пропаганда идей выдающегося мыслителя, академика, первого президента Украинской академии наук В. И. Вернадского в России и за ее пределами, в том числе на Украине. Книга примечательна во многих отношениях. Прежде всего, это насыщенное информацией издание, написанное простым, доступным не только для студенчества, языком. В нем изложено современное состояние общей геохимии с классических позиций учения В. И. Вернадского о биосфере и ее переходе в следующую, прогрессивную стадию – ноосферу, о чем свидетельствует обилие библиографических ссылок на работы академика.

«Геохимия как наука об истории химических элементов нашей планеты все более активно используется представителями очень широкого круга научных дисциплин. Геохимия становится междисциплинарной наукой», – пишет автор. По сути, геохимия биосферы и есть биогеохимия – синтетическая наука, основоположником которой является В. И. Вернадский. И суть эта полностью раскрывается в эпиграфе к книге в виде цитаты из его избранных трудов: «долгое время не возбуждало никакого сомнения представление, что химический состав земной коры обусловливается чисто геологическими причинами… сейчас выясняются в химическом составе земной коры закономерности, которые в корне противоречат этим объяснениям» (конечно же, речь идет о космопланетарной функции живого вещества).

В книге также рассмотрены вопросы положения Земли в космическом пространстве, распространенность и закономерности распределения элементов и их изотопов, формы их нахождения, механизмы миграции и концентрации на геохимических барьерах. Данные классической физической геохимии рассмотрены во взаимосвязи с материалами биогеохимии и ряда смежных научных дисциплин, при этом особое внимание автор уделяет трем основным компонентам биосферы – косному, живому и социальному.

Несколько слов о структуре изложения. Учебное пособие состоит из вступительного слова автора, введения, четырех разделов, 14 глав, 101 параграфа, приложения и списка литературы. Поскольку книга предназначена для студентов, каждая глава начинается перечнем ключевых слов и обучающих элементов, а заканчивается аннотацией и контрольными вопросами для самостоятельного контроля. Такая подача материала представляется нам очень удобной для восприятия. Еще одним из явных преимуществ издания является удачное сочетание лаконичности и насыщенности информацией в изложении.

Раздел I «Геохимия – наука XXI века» состоит из двух глав. В первой главе «Из истории геохимических идей» автор описывает истоки учения от Платона и Теофраста до А. Лавуазье, А. Гумбольта, М. В. Ломоносова, Х. Шенбейна и Д. И. Менделеева, приводит данные о становлении и развитии геохимии в первой половине XX в. как самостоятельной науки, указывает влияние на нее учений В. И. Вернадского о биосфере и ноосфере, В. В. Докучаева о генетическом почвоведении, А. П. Виноградова о космохимии и Н. Н. Моисеева о коэволюции человека и биосфера. Вторая глава «Методология естественно-научного изучения природы» посвящена естественным телам природы и отвечающим им понятиям, классификации природных объектов и моделированию природных процессов. Автор указывает на распределение элементов в природных объектах как меру для их сравнения, систематизации и познания природных процессов.

Раздел II «Строение и состав природных объектов» представлен пятью главами. В третьей главе «Распространенность химических элементов в природных объектах» рассматриваются представления о строении атомов, условия стабильности и распространенности ядер химических элементов в Солнечной системе. Автор приводит понятие «кларка» и генеральные оценки средних содержаний элементов в горных породах. В четвертой главе «Основы геохимии изотопов» обсуждаются данные о стабильности изотопов и изотопных равновесиях, раскрыты принципы методов радиогенного определения возраста геологических объектов. Пятая глава «Строение и состав земных геосфер» посвящена вопросам структурной организации гидро-,

атмо- и литосферы. Центральное место в книге занимают материалы шестой главы «Биосфера», в которой доминирует концепция о живом веществе – движущей силе планетарного развития. Логичным завершением второго раздела является седьмая глава «Термодинамика геохимических процессов». В ней определены место термодинамики в геохимии, ее исходные положения, а также равновесные, устойчивые и стандартные состояния геохимических систем.

Раздел III «Геохимический круговорот вещества и энергии» включает четыре главы: восьмая – «Формы нахождения элементов в геологических телах», девятая – «Миграция химических элементов», десятая – «Геохимические барьеры» и одиннадцатая «Геохимические циклы». В этом разделе автор, используя данные современной геохимии, полноценно раскрывает концепции В. И. Вернадского о биогеохимических циклах.

Книгу логично завершает IV раздел «Эволюция земной коры», представляющий особый интерес и состоящий из трех глав. Глава 12 «Эволюция биосферы» освещает биогеохимический подход к проблемам эволюции биосферы, информационный обмен в ней и др. В 13 главе «Переход биосферы в ноосферу» человек, представляющий особый тип живого вещества, наделенный разумом, рассматривается как единая геологическая сила, обуславливающая переход биосферы в ноосферу. 14 глава «Пути ноосферного развития» раскрывает сущность общей и промышленной экологии, а также стратегии рационального природопользования, предполагающие разработку и внедрение безотходных, в первую очередь – биологических технологий.

Пособие практически не имеет недостатков, что свидетельствует о плодотворной рецензионной работе над ним профессоров Д. В. Гричука и В. В. Добропольского, после которых сложно отыскать изъяны. Книга заслуживает самой высокой неоспоримой оценки, она должна быть переиздана большим тиражом, поскольку это современное, интересное, увлекательное, написанное специально для студентов, издание. Можно только сожалеть, что ее тираж – 2000 экземпляров. Несомненно, пособие должно быть переведено на другие языки, чтобы им могли пользоваться в других странах, в первую очередь – в государствах СНГ.

A. П. Травлеев,
член-корреспондент НАН Украины,
доктор биологических наук, профессор,
Днепропетровский национальный университет
им. Олеся Гончара

B. В. Никифоров,
кандидат биологических наук, доцент,
Кременчугский национальный университет
им. Михаила Остроградского

ХРОНІКА

Інформація про проведення VIII з'їзду ґрунтознавців та агрохіміків України

5–9 липня 2010 року на базі **Житомирського національного агроекологічного університету** відбувся черговий **VIII з'їзд ґрунтознавців та агрохіміків України**. Девіз з'їзду – «**Охороні ґрунтів – державну підтримку**».

У роботі з'їзду взяли участь 150 делегатів із 23 відділень Товариства, 50 учасників і гостей із України (представники наукових установ, вузів, виробничиків, комерційних структур), Росії, Білорусі, Польщі. У роботі з'їзду взяли участь 15 почесних членів Товариства. Необхідно відмітити високий науковий потенціал учасників з'їзду. На ньому були присутні 4 академіки, 5 член-кореспондентів, 51 доктор і 137 кандидатів наук.

Почесними гостями з'їзду були Стефан Скиба (Польща), Д. М. Булгаков (Росія), В. В. Лапа, А. Ф. Черниш (Білорусь).

З'їзд відкрив Генеральний секретар УТГА, академік УААН С. А. Балюк. У своєму вступному слові С. А. Балюк наголосив, що регулярне проведення Товариством з'їздів дає можливість дати аналіз досягнень ґрунтознавчої, агрохімічної науки та суміжних наук, визначити задачі на найближчу перспективу.

З привітанням до учасників з'їзду виступили: від приймаючої сторони – ректор ЖНАУ, доктор технічних наук, професор Малиновський А. С., голова Житомирської облдержради, доктор с.-г. наук, професор, член-кореспондент УААН Рижук С. М., від НААН України – член-кореспондент УААН, доктор с.-г. наук, професор Заришняк А. С., від Держкомзему, – Яковенко Ю. Л. від Держводгоспу, від Білоруського Товариства ґрунтознавців – директор Інституту ґрунтознавства та агрохімії, доктор с.-г. наук, професор Лапа В. В., від Російського товариства ім. В. В. Докучаєва – доктор с.-г. наук, професор Булгаков М. Д., від Польського товариства ґрунтознавців – Стефан Скиба.

Було запропоновано 20 пленарних доповідей, із яких заслухано 11. С. А. Балюк у своїй доповіді «Сучасний стан ґрутового покриву України і невідкладні заходи з його охорони» (співавтори Медведєв В. В., Греков В. О.) наголосив, що девіз з'їзду «Охороні ґрунтів – державну підтримку» визначено глобалізацією проблеми деградації ґрунтів як в Україні, так і у світі в цілому. Цікавими визначено доповіді: Лісового М. В. «Основні завдання агрохімічного забезпечення землеробства України», Трускавецького Р. С. (співавтори Балюк С. А., Ромашенко М. І.) «Меліорація ґрунтів в Україні: стан, проблеми, перспективи», Надточія П. П. (співавтори Мисливка Т. Н., Орлов А. А., Малиновський А. С., Трембицький В. А.) «Агроекологическое состояние почв Житомирского Полесья и проблемы их эффективного использования», Лапа В. В. «Фактор удобрений в повышении плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь», Полупана М. І. (співавтори Соловей В. Б., Величко В. А.) «Класифікація і родючість ґрунтів», Трускавецького С. Р. «Проблемы и перспективы дистанционного зондирования почв Украины», Іутинської Г. А. (співавтор Патіка В. Ф.) «Біологія почв: проблеми і перспективи», Мірошниченка М. М. (співавтор Фатєєв А. І.) «Агрогеохімія мікроелементів у ґрунтах України», Травлеєва А. П. (співавтор Білова Н. А.) «Лісове ґрунтознавство та степове лісознавство – невідкладні завдання та шляхи їх вирішення».

Крім того, на з'їзді відбулися засідання по секціях «Генезис і класифікація ґрунтів», «Еволюція фізико-хімічних і агрофізичних властивостей ґрунтів», «Родючість ґрунтів, її оцінка та охорона», «Меліорація ґрунтів», «Охорона ґрунтів від ерозії, рекультивація та раціональне землекористування», «Екологічний стан ґрунтів та їх охорона від забруднення», «Біологія ґрунтів», «Органічні добрива та гумус» та «Мінеральні добрива та їх застосування». Практично на всіх секціях обговорювалась проблема збереження ґрунтів і ґрутового покриву від деградації як наслідку антропогенного впливу.

Усього на секціях було заслухано 73 доповіді. У виданих до з'їзду матеріалах опубліковано 20 пленарних доповідей і 342 тези.

На підсумковому пленарному засідання з'їзду підбито підсумки наукової роботи (про підсумки роботи секцій доповідали: Канівець В. І., Надточій П. П., Трускавецький Р. С., Забалуев В. О., Лісовий М. В.), ухвалено резолюцію з'їзду, у якій позитивно відзначено роботу Товариства, визначено пріоритетні напрями наукової та науково-практичної діяльності, доручено посилити діяльність і зв'язки Товариства з урядовими органами, державними і громадськими організаціями щодо реалізації удосконалених напрямів управління ґрутовими і земельними ресурсами в країні. Прийнято звернення до Президента України, Верховної Ради України, Прем'єр-міністра України.

Відбулися делегатські збори, у роботі яких взяли участь 105 делегатів, або 62 % делегованих членів Товариства. Було обговорено і схвалено звіт про роботу УТГА за 2006–2010 рр., звіт ревізійної комісії. Обрано почесних членів, на наступний термін – Центральну раду і ревізійну комісію УТГА.

На засіданні Центральної ради Товариства за поданням доктора біологічних наук, член-кореспондента НАН України Травлеєва А. П. на наступний строк Генеральним секретарем УТГА обрано доктора с.-г. наук, професора, академіка УААН Балюка С. А. Місцем проведення IX з'їзду ґрунтознавців і агрохіміків України визначено Миколаївський державний агроекологічний університет. Президентом на наступний строк обрано доктора с.-г. наук, професора Чорного С. Г.

Закриваючи з'їзд, С. А. Балюк побажав усім участника з'їзду творчих успіхів та натхнення, реалізації наукових планів і висловив побажання зустрітися на наступному IX з'їзді в 2014 році.

Останній день з'їзду відзначився польовою екскурсією за маршрутом Житомирський національний агроекологічний університет – Головинське родовище лабрадоритів (с. Головино, Черняхівський р-н) – Музей коштовного і декоративного каміння Мінфіну України (сmt Володарськ-Волинський) – Лизниківське родовище грантів (с. Лизник, Володарсько-Волинський район) – Балансова станція Інституту сільського господарства Полісся НААН України.

C. A. Балюк,
академік НААН України,
Генеральний секретар Українського
товариства ґрунтознавців та агрохіміків

РЕЗОЛЮЦІЯ

VIII з'їзду Українського товариства ґрунтознавців та агрохіміків (Житомир, 5–9 липня 2010 р.)

Черговий з'їзд Товариства проходив під девізом «Охороні ґрунтів – державну підтримку». З'їзд успішно виконав намічену програму, яка складалася з наукової частини, польової екскурсії і делегатських зборів. До початку з'їзду надруковано пленарні доповіді провідних учених країни, іноземних гостей, а також декілька книг - тез доповідей учасників з'їзду. Видано путівник польової екскурсії, звіти відділень, комісій і підкомісій товариства.

УТГА – це 23 відділення і майже 1 000 членів, які протягом між'їздівського періоду (2006–2010 рр.) активно працювали в галузі ґрунтознавства та агрохімії, меліорації, лісового господарства, інших споріднених галузей науки, освіти і виробництва, спрямовуючи своє зусилля на збереження і відновлення ґрунтового потенціалу країни, його родючості, підняття значущості ґрунтового покриву, створення надійної основи продовольчої і національної безпеки держави.

Виконуючи доручення попереднього з'їзду (Київ, 2006 р.), члени Товариства опрацювали і направили до владих структур (Верховної Ради, Ради Національної безпеки та оборони, Кабінету Міністрів, у галузеві міністерства) низку матеріалів щодо удосконалення і реалізації державної політики в галузі відтворення й охорони родючості ґрунтів, усунення деградаційних явищ, меліорації земель, розроблення та впровадження заходів з питань регулювання земельних відносин, забезпечення стійкості агроландшафтів, збільшення врожаїв сільськогосподарських культур. Головні з них: «Про утворення державної служби охорони родючості ґрунтів», «Про нове ґрунтове обстеження», «До проекту Державної програми впровадження в АПК новітніх технологій виробництва» й інші.

Президія Товариства велику увагу приділила об'єднанню наукових кіл країни і спрямовувала їхні зусилля на вирішення найбільш актуальних питань, що стоять перед науковцями і виробничими. Президія Товариства брала участь у формуванні основних напрямків наукових досліджень на 2011–2015 рр. з питань ґрунтознавства, агрохімії, охорони і меліорації ґрунтів. Підготовлено декілька концепцій з актуальних напрямів подальшого розвитку ґрунтознавства, агрохімії, меліорації й охорони ґрунтів.

Члени відділень Товариства сприяли впровадженню у виробництво наукових розробок, брали участь у навчанні керівників і агрономів господарств, проведенні днів поля, практичних семінарів, круглих столів, у виставках й інших маркетингових заходах, багаторазово виступали по телебаченню, радіо тощо.

За участі членів Товариства виконувались різноманітні проекти з обґрунтування відновлення земель, ґрунтового, меліоративного, екологічного, агрохімічного й інших видів обстежень, видавалися наукові монографії, збірники, прикладні рекомендації, навчальні посібники, опрацьовано низку державних стандартів, патентів, нормативних документів, регламентів, технічних умов тощо.

Протягом звітного періоду було проведено кілька ювілейних заходів з відзначення професійних вчених країни О. Н. Соколовського, М. К. Крупського, О. М. Грінченка, Г. С. Гріння, П. О. Дмитренка, І. М. Гоголєва й інших. Відзначено 50-річчя суцільних великомасштабних досліджень в Україні.

Члени Товариства активно співробітничали з колегами з багатьох інших країн, брали участь у міжнародних конференціях, виконували спільні проекти, проходили стажування в провідних наукових і освітніх установах закордонних країн. Виконувались угоди про співпрацю з аналогічними товариствами Польщі, Білорусі, Росії.

Значну роботу здійснено в підготовці кадрів – бакалаврів, спеціалістів, магістрів, кандидатів і докторів наук.

Провідні фахівці Товариства отримали різноманітні нагороди Верховної Ради, Кабінету Міністрів України, Автономної Республіки Крим, Національної академії аграрних наук України, міністерств і відомств.

Певну роботу протягом між'їздівського періоду проводили комісії з фізики, біології, агрохімії та родючості, генези, географії та класифікації, меліорації, охорони та захисту ґрунтів, з програм та методів викладання ґрунтознавства, агрохімії і картографії, комісії «Словника термінологія, розробка стандартів», а також підкомісії «Лісове ґрунтознавство», «Математичні методи в ґрунтознавстві і геоінформаційні системи», «Моніторинг», «Мікроморфологія ґрун-

тів», «Меліорація перезволожених ґрунтів», «Зрошувані ґрунти», «Сільськогосподарська рекультивація», «Лісова рекультивація», «Техногенне забруднення», «Радіоекологія ґрунтів».

З'їзд постановив:

1. Схвалити проведену УТГА під керівництвом Президії Центральної ради та генерального секретаря УТГА академіка УААН С. А. Балюка науково-методичну, організаційну та науково-практичну роботу і вважати її задовільною.

2. Основними пріоритетними напрямами наукової та науково-практичної діяльності Товариства на наступний період вважати:

- розвиток теоретичних і методологічних основ ґрунтознавства та агрохімії як фундаментальних наук;
- вивчення продукційних та екологічних (біосферних) функцій ґрутового покриву, опрацювання ефективних заходів з призупинення, а в подальшому усунення деградації ґрунтів, викликаної нераціональним агроменеджментом;
- продовження робіт з удосконалення діагностики, класифікації і районування ґрунтів, принципів і методів моніторингу ґрутового покриву, у тому числі із застосуванням дистанційного зондування, сучасних підходів до агрогрутового, ґрутово-екологічного, меліоративного, технологічного й інших видів зонування і картографування;
- вивчення біологічного кругообігу речовин і енергії в агроекосистемах, процесів міграції та акумуляції речовин і енергії в умовах різноманітних антропогенних навантажень;
- дослідження в області моделювання ґрутових процесів і режимів у системі «зовнішні впливи – ґрунт – рослина»;
- розробку теоретичних основ ресурсозбережувальних і ґрутоохоронних технологій, екологічно безпечного й економічно рентабельного землекористування, формування адаптованих до регіонів науково обґрутованих систем землеробства, стаїх агроландшафтів;
- ґрутovo-екологічне обґрутування реконструкції та модернізації меліоративних систем, розробку ресурсозбережувальних технологій поліпшення агроекологічного стану зрошуваних та осушених ґрунтів, відтворення їхньої родючості;
- стандартизаційне, нормативне та метрологічне забезпечення наукових досліджень і завершених розробок, завершення гармонізації державної нормативної бази з міжнародною.

3. Новообраний Центральній раді доручити:

- посилити діяльність і зв'язки Товариства з урядовими органами, державними і громадськими організаціями;
- спрямувати зусилля Товариства на обґрутування і реалізацію удосконалених напрямів управління ґрутовими і земельними ресурсами в країні, прийняття і пріоритетне фінансування Національної програми охорони ґрунтів, організацію і нормативно-методичний супровід моніторингу ґрутового покриву;
- повторно внести пропозиції про створення Служби охорони земель, об'єднавши в єдине ціле розрізнені відомства і структури на державному і регіональному рівнях;
- переглянути і подати до Кабінету Міністрів України пропозицію щодо проведення повторного обстеження ґрутового покриву країни на основі застосування комплексу наземних і дистанційних методів, сучасних досягнень геоінформатики і картографування;
- подати пропозицію до Кабінету Міністрів України щодо виробництва і широкого застосування органічних, органо-мінеральних, фосфорних і калійних добрив, вапнякових і гіпсокристалічних матеріалів на основі вітчизняних сировинних джерел і відходів рослинництва;
- посилити міжнародну співпрацю з метою розробки ефективної стратегії захисту ґрунтів від деградації шляхом гармонізації методів оцінки стану ґрутового покриву, підготовки спільніх проектів, освітнянських програм, обміну фахівцями тощо;
- посилити освітнянську діяльність у засобах масової інформації, організовувати конференції, видання фахових і популярних матеріалів, буклетів, підручників для різних категорій споживачів з метою поширення в суспільстві знань про ґрунти, їхню унікальність і життєдайне значення для сучасних і наступних поколінь, опрацювання узгоджених дій всіх верств суспільства, спрямованих на захист ґрутового покриву країни;

- звернутися з ініціативою до Міністерства освіти і науки України щодо повернення до навчальних планів підготовки бакалаврів на біологічних факультетах університетів курсу «Грунтознавство»;
- звернутися до Комітету лісового господарства України з пропозицією щодо підпорядкування нині безгосподарних байрачних лісів та полезахисних насаджень державним управлінням лісового та мисливського господарства;
- для відновлення родючості ґрунтів, запобігання їхньої подальшої дегуміфікації, ерозії та деградації сприяти впровадженню лісомеліоративних заходів та науково обґрунтованих систем землеробства;
- внести пропозицію щодо відновлення екологічно-ландшафтного землеробства з контурно-меліоративною організацією території за рахунок вилучення з інтенсивного використання малопродуктивних земель для використання їх під залисення, залуження, пасовища тощо;
- сприяти залученню до Товариства нових членів, організації нових відділень;
- сприяти авторитету Товариства у вирішенні проблем збереження ґрутового покриву як найважливішого національного багатства України.

4. Затвердити структуру УТГА, склад комісій та підкомісій. Узгоджувати плани роботи УТГА з Науковою радою з проблем ґрунтознавства НАН України.

5. Опублікувати структуру УТГА в черговому «Бюллетені УТГА» та журналі «Грунтознавство».

З'їзд висловлює щиру подяку співробітникам і адміністрації Державного агрономічного університету (м. Житомир) за створення сприятливих умов для проведення засідань, дискусій, надзвичайно корисну польову екскурсію з огляду ґрунтів і ландшафтів Житомирщини, цікаву культурну програму.

С. А. Балюк,
академік НААН України,
Генеральний секретар Українського
товариства ґрунтознавців та агрохіміків

9 липня 2010 р.

*Президентові України В. Ф. Януковичу,
Голові Верховної Ради України В. М. Литвину,
Прем'єр-міністру України М. Я. Азарову*

ЗВЕРНЕННЯ
**учасників VIII з'їзду Українського товариства
ґрунтознавців та агрохіміків**

35 по 9 липня 2010 року в м. Житомирі на базі Житомирського національного агроекологічного університету відбувся VIII з'їзд Українського товариства ґрунтознавців та агрохіміків, у роботі якого взяли участь 225 делегатів, у тому числі академіки УААН Балюк С. А., Медведєв В. В., Мазур Г. А., Носко Б. С., Тарапіко О. Г., член-кореспонденти Заришняк А. С., Рижук С. М., Трускавецький Р. С., Травлєєв А. П., представники науковців близького і дальнього зарубіжжя – Росії, Білорусі, Польщі, Болгарії, а також представники Мінагрополітики, Держкомзему, Держводгоспу, НАН України та НААН України.

Учасники з'їзду одностайно дійшли висновку щодо критичного стану ґрутового покриву України. Найбільшої шкоди завдає водна та вітрова ерозія, виснаження щодо елементів живлення рослин і падіння родючості ґрунтів, перевозложення (підтоплення), переуцільнення та осолонилювання, забруднення земель відходами виробництва та споживання, а також радіонуклідами. Урожай в останні роки на 60–80 % формується за рахунок природних запасів елементів живлення в ґрунтах, тому що добрий вноситься вкрай мало. Дефіцит елементів живлення рослин у ґрунті становить 100 кг/га щорічно. Отже, ми виороюємо природні багатства, призначенні майбутнім поколінням.

Учасники з'їзду, стурбовані сучасним соціальним, економічним та екологічним станом земельних ресурсів, розвитком процесів деградації та руйнації ґрутового покриву, звертаються до Вас, вищого керівництва держави, з проханням якомога швидше перетворити рекомендаційний характер наукових розробок з ґрунтоохоронного землекористування в законодавчий та нормативно-правовий, що істотно підвищить юридичну відповідальність землекористувачів та місцевих органів влади за збереження і примноження ґрутово-земельного ресурсного потенціалу держави.

Проблеми відповідальності за псування ґрунтів, їх забруднення, засмічення, отруєння, розвиток ерозії, безгосподарське ставлення до чорноземів – найцінніших серед ґрунтів, якими багата Україна, за знищення захисних ліосмуг, розбазарювання майна та виведення з ладу зрошуvalильних, осушувальних, протиерозійних систем і споруд, а також питання адекватної компенсації спричинених збитків не вирішуються, незважаючи на чинний Земельний кодекс та інші закони з правової охорони і використання земель. Тому вже давно на часі створення Державної служби з охорони ґрунтів на базі існуючих служб Центрів «Держдючості», гідрогеолого-меліоративних експедицій Держводгоспу України тощо. Ґрутово-земельний ресурсний потенціал України буде збережено і примножено тільки за умов жорсткого задіяння всіх державно-правових функцій – контрольної, регулювальної, стимулюючої та каральної.

Конституція України проголошує землю основним національним багатством, що передбуває під особливою охороною держави. Учасники з'їзду наполягають і зі свого боку всіляко сприятимуть тому, щоб ця охорона дійсно набула статусу «особливої». Для цього потрібна державна підтримка проведення стандартизації і нормування, що визначають якість земель, допустиме антропогенне навантаження на ґрутовий покрив, оптимальне співвідношення угідь, гранично допустимі показники деградації ґрунтів, а також здійснення моніторингу, земельно-оцінювальних робіт, земельного кадастру з використанням інноваційних технологій та комплексу заходів з відновлення ґрутового покриву і біорозмайття на порушеніх землях.

Необхідна докорінна зміна ставлення до ґрутового покриву, орієнтація державної політики на збереження його родючості та охорону від деградації.

Як невідкладний і першочерговий захід охорони національного багатства України – ґрутового покриву учасники з'їзду бачать прискорений розвиток відповідної юридично-правової бази і перш за все прийняття національної програми охорони родючості ґрунтів і загальнодержавної програми використання та охорони земель, створення Державної служби охорони ґрунтів, проведення повторного великомасштабного дослідження ґрутового покриву

і моніторингу земель як засобу систематичного поповнення інформації про земельні ресурси в просторі і часі та щорічного Державного правового моніторингу додержання вимог нормативно-правових актів.

Сподіваємось на Ваше розуміння невідкладності вирішення проблем, піднятих на головному форумі грунтознавців і агрохіміків, підтримку та сприяння в наведенні порядку в землекористуванні, у збереженні та відтворенні родючого потенціалу ґрунтів – найціннішого природного скарбу нашої країни.

Від імені учасників з'їзду
C. A. Балюк,

академік НААН України,
Генеральний секретар Українського
товариства грунтознавців та агрохіміків

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 роздруковувати через 1,5 інтервали, 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 назив 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 на-зву. 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 Сут (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 указаній 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 повернати 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 shrits 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.