

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

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

ҐРУНТОЗНАВСТВО

SOIL SCIENCE

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

Том 11

№ 3–4 (17)

Науковий журнал
Заснований у 2001 році

веб-сторінка:
www.ussj.cv.ua

Київ – Дніпропетровськ
2010

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

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

EDITORIAL BOARD:

S. A. Balyuk; N. A. Bilova; A. V. Bogovin (Associate Editor); S. V. Chernyshenko; V. S. Chernyshenko; M. K. Chartko; V. A. Gorban (Managing Editor); Yu. I. Gritsan; D. M. Grodzinsky; G. V. Dobrovolsky; Jose Manuel Recio Espejo (Associate Editor); V. I. Kanivets; L. O. Karpachevsky (Associate Editor); I. V. Kovda; I. A. Mal'tseva; D. O. Mel'nychuk; V. V. Morgun; L. P. Mytsyk; V. A. Nykorych; V. V. Nykyforov; M. J. Opanasenko; A. E. Pakhomov; V. I. Parpan; V. M. Petrenko; M. V. Polyakov; S. P. Poznyak; V. G. Radchenko; J. G. Ray; M. S. Rozanova; Yu. R. Shelyag-Sosonko; S. O. Shoba; 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. Zagrynyak; N. V. Zaymenko; E. Ya. Zhovynsky; V. M. Zverkovsky.

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

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

© Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара, 2010
© ТОВ «Агентство «Телепресінформ», 2010

З М І С Т

<i>Травлев А. П.</i> О работе Научного Совета по проблемам почвоведения Отделения общей биологии НАН Украины и задачи сохранения почвенного покрова, повышения плодородия, рациональное использование	8
ТЕОРЕТИЧНІ ПРОБЛЕМИ ҐРУНТОЗНАВСТВА	
<i>Градусов Б. П.</i> Закономерности генезиса и географии минералогического состава почвообразующих пород Русской равнины	13
<i>Чертко Н. К., Жумарь П. В., Карпиченко А. А.</i> Ландшафтно-геохимическая оценка торфогрунтов выработанных торфяных месторождений Белорусского Полесья	27
<i>Шанда В. І., Євтушенко Е. О., Шанда Л. В.</i> Ґрунт як система факторів і ресурсів екологічних ніш біологічних видів	42
ЛІСОВЕ ҐРУНТОЗНАВСТВО	
<i>Костенко І. В.</i> Вплив штучних лісових насаджень на властивості гірсько-лучних чорноземовидних ґрунтів Ай-Петринської яйли	46
ЕКОЛОГІЧНЕ ҐРУНТОЗНАВСТВО	
<i>Карпачевский Л. О., Зубкова Т. А.</i> Экологические функции почв в агрофере	55
ФІЗИКА ҐРУНТІВ	
<i>Нецєстєв М. В.</i> Вібрації коренів дуба звичайного та ґрунту, викликані дією вітру	60
<i>Горбань В. А.</i> Природна бета-активність еолово-ґрунтових відкладів полезахисних лісосмуг степової зони України	67
ХІМІЯ ҐРУНТІВ	
<i>Казюта О. М.</i> Сольовий режим ґрунтів заплави середньої течії річки Сіверський Донець у лісостеповій зоні України	74
<i>Стахів М. П.</i> Фосфорне живлення рослин та методичні аспекти визначення рухомих сполук фосфору в ґрунті	88
ПРОБЛЕМИ МЕЛІОРАЦІЇ ҐРУНТІВ	
<i>Цанко Ю. Л.</i> Підвищення екологічної стабільності кислих ґрунтів шляхом використання технології локального окультурювання	96
ҐРУНТОВА МІКРОБІОЛОГІЯ	
<i>Джура Н. М., Мороз О. М., Русин І. Б., Кулачковський О. Р., Цвілинюк О. М., Терек О. І.</i> Вплив рослин бобу кормового (<i>Vicia faba</i> var. <i>minor</i>) на функціонування мікробних асоціацій метаболізму азоту в забрудненому нафтою ґрунті	105
МЕТОДИЧНІ РОЗРОБКИ	
<i>Чмиленко Ф. О., Смітюк Н. М.</i> Мікрохвильове поле в процесі пробопідготовки чорноземів при визначенні металів	113
КОРОТКІ ПОВІДОМЛЕННЯ	
<i>Мельников Б. І., Виходцев С. І., Гарсєв Ш. З., Макаренко Н. П.</i> Дослідження процесу очистки хромвміщуючих стічних вод і водних розчинів	120
РЕЦЕНЗІЇ	
<i>Травлев А. П., Белова Н. А.</i> Рекультивация нарушенных земель как устойчивое развитие сложных техноэкосистем : Монография / И. Х. Узбек, А. С. Кобец, П. В. Волох, В. И. Дырда, А. А. Демидов / Под ред. И. Х. Узбека. – Д. : Пороги, 2010. – 263 с.	124
ДО УВАГИ АВТОРІВ	127

TABLE OF CONTENTS

<i>Travleyev A. P.</i> On the Scientific Council activity on soil science of General biology department of NAS of Ukraine and problems of soil cover conservation, fertility rise, rational usage	8
---	---

TEORETICAL ISSUES OF SOIL SCIENCE

<i>Gradusov B. P.</i> Mechanism of genesis and geography of soil-forming rock mineralogical structure of Russian plain	13
<i>Chartko M. K., Zhoomar P. V., Karpichenka A. A.</i> Landscape and geochemical assessment of turf grounds of worked-out turf deposits of Belarusian Polesye	27
<i>Shanda V. I., Yevtushenko E. O., Shanda L. V.</i> Soil as a system of factors and resources of ecological niches of species	42

FOREST SOIL SCIENCE

<i>Kostenko I. V.</i> Influence of artificial forest plantation on the properties of mountain-meadow chernozem like soils of Ai-Petry yaila	46
---	----

ECOLOGICAL SOIL SCIENCE

<i>Karpachevskii L. O., Zubkova T. A.</i> Ecological functions of soils in agrosphere	55
---	----

SOIL PHISICS

<i>Netsvetov M. V.</i> Wind induced vibrations of english oak roots and soil	60
<i>Gorban V. A.</i> Natural beta activity of eolian deposits in field protecting forest belts of Ukrainian steppe zone	67

SOIL CHEMISTRY

<i>Kazyuta A. N.</i> Salt conditions of the meadow soils of the forest-steppe zone of Ukraine (middle course of the river Siverskiy Donets)	74
<i>Stakhiv M. P.</i> Phosphorus nutrition of plant and method aspects of mobile phosphorus compounds determination in soil	88

AMELIORATION PROBLEMS OF SOILS

<i>Tsapko Yu. L.</i> Ecological stability enhancement of acidic soils by means of local amelioration technology	96
---	----

SOIL MICROBIOLOGY

<i>Dzhura N. M., Moroz O. M., Rusyn I. B., Kulachkovsky O. R., Tsvilynyuk O. M., Terek O. I.</i> Influence of the fodder beans (<i>Vicia faba</i> var. minor) on the nitrogen metabolism of the microbe associations in the oil-polluted soil	105
--	-----

METHOD DEVELOPING

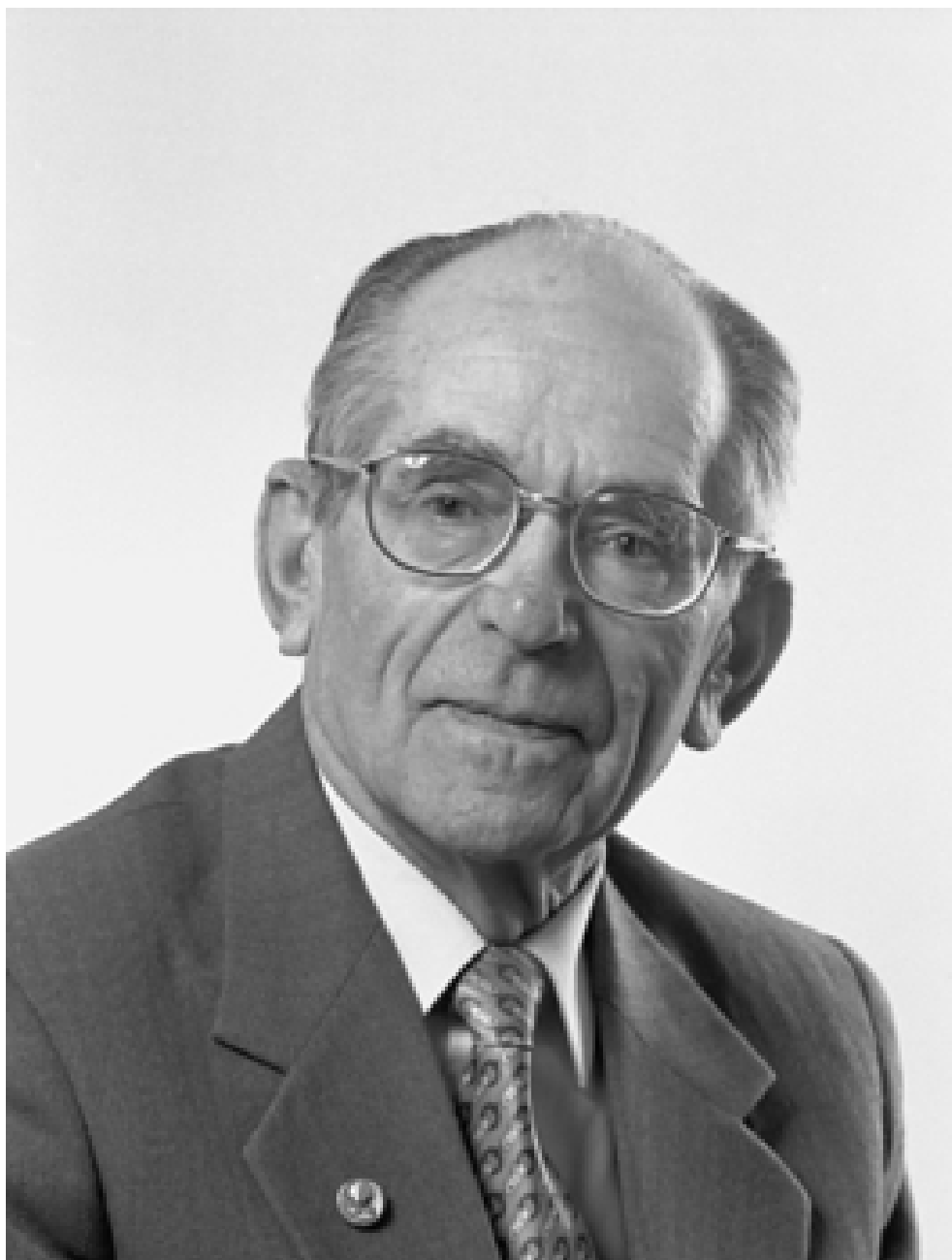
<i>Chmilenko F. A., Smityuk N. M.</i> Microwave field in process of chernozem sample preparation in determination of metal	113
--	-----

SHORT MESSANGERS

<i>Melnikov B. I., Vykhodtsev S. I., Gareyev S. Z., Makarchenko N. P.</i> Investigations of the purification process of the chrome-containing sewage waters and water solutions	120
---	-----

REVIEWS	124
---------------	-----

TO THE AUTHORS' ATTENTION	128
---------------------------------	-----



Г. Гафурович

Глубокоуважаемому и дорогому
Глебу Всеволодовичу Добровольскому,
доктору биологических наук, профессору,
действительному члену
Российской академии наук

Научный Совет по проблемам почвоведения НАН Украины, редколлегия журналов «Почвоведение», «Экология и ноосферология», Украинское общество почвоведов и агрохимиков, Экологическая академия наук Украины, коллектив Присамарского биосферного биогеоценологического стационара Комплексной экспедиции Днепропетровского национального университета им. Олеся Гончара шлют Вам, дорогой Глеб Всеволодович, корифею почвенной и экологической науки искренние приветствия по случаю Вашего 95-летия со дня рождения.

Работа в области почвоведения и экологии почв всегда выполнялась Вами – академиком Российской академии наук – с убедительной прогрессивной направленностью и страстностью, вдумчивостью и гуманностью. Почвоведы и агрохимики Украины, навсегда запомнили Ваше посещение в Украине Съездов почвоведов и агрохимиков, а преподаватели и студенты Присамарского международного биосферного биогеоценологического стационара Днепропетровского национального университета Ваши великолепные и полезные встречи с Вами и Ваши лекции непосредственно в полевой обстановке.

Дорогой Глеб Всеволодович, Вы вместе со своими талантливymi учениками создали первый в стране факультет почвоведения Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Среди многих выдающихся открытий было разработано новейшее направление в почвоведении и экологии – учение о функциях почв как незаменимого компонента биогеоценоза и биосферы.

Вы продолжительное время возглавляли факультет почвоведения Московского государственного университета. Под Вашим руководством на Совете факультета почвоведения МГУ было принято историческое решение о необходимости открытия нового направления в подготовке специалистов геоботаников-почвоведов в Днепропетровском государственном университете. Выпускники ДНУ до настоящего времени работают в различных уголках Украины и на необъятных просторах бывшего Советского Союза.

Мы благодарны Вам за руководство почвенным журналом РАН, получивший мировую славу, за воспитание сотен Ваших учеников талантливых и верных Вашим благородным принципам, педагогическому обаянию и культуре.

Мы счастливы, что в плеяде Ваших учеников: Т. В. Афанасьева, Л. О. Карпачевский, П. Н. Балабко, И. С. Урусевская, Т. А. Трифонова и многие, многие другие стали выдающимися специалистами международного класса.

Среди преданных учеников успешно развивает Ваши идеи верный соратник, последователь и друг член-корреспондент РАН, профессор С. А. Шоба, который высоко держит славное знамя Вашего детища – лучшего в мире факультета почвоведения МГУ.

Незабываемы в нашей памяти счастливые дни, когда в семидесятых годах под Вашим руководством проходили полевые практики по почвоведению студентов факультета почвоведения МГУ на Присамарском биосферном стационаре ДНУ. Вы показывали, находясь в почвенном разрезе поймы реки Самары Днепровской, образцы мастерства чтения книги природы – почвенных горизонтов, их происхождение, минеральный и химический состав, толкование результатов исследований и сложные вопросы классификации почв.

С тех пор решением коллектива Учебно-научного центра ДНУ Присамарского биосферного международного стационара разрез № 209 в пойме р. Самары Днепровской наименован «разрезом имени академика РАН Г. В. Добровольского».

Мы, Ваши единомышленники, коллеги, друзья, поклонники Вашего незаурядного таланта педагога, ученого, действительного члена Российской академии наук поздравляем Вас со славным юбилеем и желаем Вам и Вашей семье всего самого хорошего, долгих лет жизни, крепкого здоровья во славу нашей непоколебимой дружбы, во славу родного почвоведения, которое родилось в нашей стране, процветает и развивается неумоимо и стремительно, благодаря таким талантливым нашим учителям и неумоимым творцам, к которым принадлежите Вы на многие годы здравствующий вечно незабываемый и почитаемый Глеб Всеволодович.

По поручению коллективов:

член-корреспондент Национальной академии наук Украины,
профессор А. П. Травлеев,

зав. кафедрой Академии таможенной службы Украины,
профессор Н. А. Белова

О РАБОТЕ НАУЧНОГО СОВЕТА ПО ПРОБЛЕМАМ ПОЧВОВЕДЕНИЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ БИОЛОГИИ НАН УКРАИНЫ И ЗАДАЧИ СОХРАНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА, ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ, РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ *

Научный Совет по проблемам почвоведения при Отделении Общей биологии Национальной Академии наук Украины стремится работать в тесном контакте с Научными центрами НАНУ, Министерства образования и науки, молодежи и спорта Украины.

При поддержке Западного научного центра и Научного Совета (НС) по проблемам почвоведения НАНУ в Черновицком национальном университете им. Юрия Федьковича ВАК Украины открыт специализированный Совет по защитах докторских и кандидатских диссертаций биологического почвоведения.

Южный научный центр оказывает содействие в создании кластера по проблемам плодородия черноземных почв Украины, поддержанный Президиумом НАН Украины.

Установлен постоянный рабочий контакт с Приднепровским Научным Центром для реализации задач поставленных им в «Концепции социально-экономического развития области до 2011 г.».

Эта Программа явилась объединяющим фактором в разработке научными учреждениями, высшими учебными заведениями, промышленными предприятиями, агропромышленным комплексом, средними учебными заведениями, студентами, аспирантами неотложных задач, направленных на охрану окружающей среды, разумного использования природных ресурсов лесостепных и степных регионов Кировоградской, Днепропетровской и Запорожской областей.

Научный Совет по проблемам почвоведения находится на ул. Владимирской, 54 (г. Киев), филиал НС расположен в центре степного Приднепровья, на территории Днепропетровского национального университета им. Олеся Гончара, ректор которого, известный специалист в области методов решения нестационарных нелинейных краевых задач механики сплошной среды, ракетостроения профессор Николай Викторович Поляков, постоянно участвует в работе Научного Совета, оказывая научную и организационную поддержку.

НС состоит из бюро и включает 24 комиссии: физика почв; химия почв; сельскохозяйственное почвоведение; лесное почвоведение; лесная гидрология; биологическое земледелие; биология почв; микробоценоз почв; мелиорация и охрана почв; микроморфология почв; номенклатура и классификация почв; мониторинг почв; рекультивация почв; комиссия по программам и методам преподавания почвоведения, агрохимии и картированию почв; история почвоведения и каталогизация; почвы Крымской автономии; проблемы мегаполисов; проблемы почвоведения и космических исследований; почвенная аллелопатия; биогеоценология; локальные трансформации почвенного покрова под влиянием жизнедеятельности птиц; влияние копытных животных на процессы почвообразования. Комиссии возглавляются ведущими учеными страны.

В распоряжении Научного совета имеется два печатных органа: журнал «Почвоведение» (ISSN 1684-9094) и журнал «Экология и ноосферология» (ISSN 1726-1112), которые включены в перечень, утвержденный ВАК Украины. Периодичность изданий – по 4 номера в год.

В своей работе Научный Совет по проблемам почвоведения исходит из биосферной концепции, что почва и вся Педосфера планеты представляет собой основную экологическую нишу для наземных организмов и является центральным звеном глобальной биосферной системы, планетарным узлом экологических связей, объединяющим в единое целое другие структурно – функциональные составляющие (Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин, С. В. Зонн, А. Л. Бельгард, А. П. Травлев, И. А. Крупеников, К. М. Сытник, Ю. Р. Шеляг-Сосонко, Л. О. Карпачевский, В. Г. Радченко, А. З. Глухов, С. А. Балюк, В. В. Медведев, Д. Г. Тихоненко, Н. И. Полупан и др.).

Доклад председателя Научного Совета по проблемам почвоведения член-корреспондента НАН Украины А. П. Травлеева на заседании Отделения общей биологии НАН Украины (2010 г.)

В содружестве с другими организациями НС регулярно проводит научные семинары, конференции, как на территории Украины, так и в зарубежных странах (Испания, Германия, Россия, Индия, Китай), посвященные сохранению и восстановлению почвенного покрова планеты.

Так, например, 7–9 ноября 2010 г. состоялся семинар по окружающей среде в г. Баезе (Испания) на тему «Экологическая ситуация в восточной Европе: научные разработки, современные проблемы и дальнейшие действия».

Организаторы семинара:

1. Доктор Хосе Мануэль Рецио Эспрехо – директор лаборатории «Nicolay Masyuk» и организации «Испания – Украина» для Международных проектов, Университет Кордобы, Кордоба, Испания.

2. Доктор А. П. Травлев – член-корреспондент НАНУ, профессор, от Научного Совета по проблемам почвоведения НАНУ и Днепропетровского национального университета им. Олеса Гончара (ректор – профессор Н. В. Поляков).

3. Доктор Лурдес Сория – координатор семинара, Университет Андалусии, Баеза, Испания.

В научном семинаре приняли участие:

Анатолий Щерба – посол Украины в Испании;

Хосе Мануэль Ролдан Ногерас – ректор университета Кордобы;

Хосе М. Суарез Хапон, ректор Международного университета Андалусии.

Из стран СНГ принимали участие представители Украины, России, Белоруссии, Грузии, Молдавии, Казахстана, Узбекистана, Туркменистана.

Материалы семинара опубликованы на страницах журнала «Экология и ноосфера».

Научный Совет по проблемам почвоведения принимал активное участие и руководил одной из секций конференции 26–28 октября 2010 г. в г. Москве (Россия), где состоялась 2-я Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы биоэкологии».

С 18 по 28 декабря 2010 г. Научный совет НАН Украины и ДНУ принимали участие в конференции при университете в г. Кобленце (Германия), посвященной методам преподавания предметов экологического цикла в высших учебных заведениях. Были приняты соответствующие рекомендации для улучшения научно-исследовательской и экспериментальной работы в вузах восточных стран и стран Евросоюза.

В Украине была организована встреча делегации Испании (Университет Кордоба) с сотрудниками Отделения общей биологии НАНУ, с академиком-секретарем, членом Президиума НАН Украины, Героем Украины, академиком НАНУ В. В. Моргуном, а также с руководителем международного отдела НАН Украины С. В. Мякушко.

Делегацию Испании и представителей Отделения общей биологии и Научного совета по проблемам почвоведения принял для собеседования о научных контактах Украины и Испании в области почвоведения и экологии посол Испании в Украине Хосе Родригес Мойно.

Научный Совет уделяет значительное внимание биологическому разнообразию почв.

Для его сохранения необходим комплекс мер, объединение усилий теории и практики, стимулирование научно-исследовательских поисков, внедрение достижений науки с целью защиты почв от загрязнения, сохранения генетических типов и видов почв, почвенной биоты, использование прогрессивных систем земледелия, структуры посевных площадей, химической и лесной мелиорации.

Необходимо оказывать реальную поддержку существующим почвенным лабораториям, созданию новых научных центров исследований, научных биосферных стационаров и станций.

Положительную роль играют биогеоэкологические стационары Львовского национального университета им. И. Франка, Институт экологии Карпат, Таврический научный стационар и ряд других.

Примером комплексных мониторинговых исследований на протяжении многих десятков лет может служить Присамарский международный биосферный стационар им. А. Л. Бельгарда Комплексной экспедиции Днепропетровского национального

университета им. Олеса Гончара. Присамарский стационар был создан академиком Г. Н. Высоцким и А. Л. Бельгардом в 1932 г. в с. Андреевка Новомосковского района Днепропетровской области в среднем течении р. Самары Днепровской на территории усадьбы садовника Г. А. Поплавского. Позже Г. А. Поплавский (как свидетельствуют архивные документы) передал земельный участок и усадьбу в дар Днепропетровскому университету под биологическую станцию (стационар), где на протяжении 79 лет проводятся комплексные всесторонние биогеоценологические исследования.

В 2010 г. стационар, согласно приказа ректора университета проф. Н. В. Полякова, превращен в Научно-учебный центр «Присамарский биосферный биогеоценологический стационар им. А. Л. Бельгарда» Днепропетровского национального университета им. О. Гончара

Научно-учебный центр стремится привлечь к научно-исследовательской работе представителей из различных областей знаний. Этому принципу соответствует сама структурная организация университетов по типу Академии наук, где сосредоточены специалисты десятков отраслей знаний: биологи, почвоведы, экологи, специалисты в области охраны окружающей среды человека, географы, геологи, минерологи, физики, химики, математики, физиологи, генетики, ботаники, зоологи, микробиологи, биохимики, климатологи, специалисты в области информатики, моделирования, прикладной математики, школьного лесничества. Соответственно в Комплексной экспедиции работает 8 отрядов, руководимые крупными учеными профессорами, доцентами. В экспедиции принимают участие студенты старших курсов университета. На базе Присамарского биосферного стационара на протяжении многих лет проходили производственную практику студенты Тартуского университета, почвоведы Ленинградского (ныне Петербургского) и Московского университетов. Здесь только с 1970 г. защищено по экологической тематике экспедиции более 70 кандидатских и 15 докторских диссертаций.

Только всесторонний, комплексный подход, синтез усилий различных специалистов, объединенных общей научной идеей, может успешно решать стратегические задачи экологических проблем и, в первую очередь, восстановления плодородия черноземов, бережливого и заботливого их использования, а также углубленное исследование в области степного лесоведения – научной основы степного лесоразведения.

Необходимо также подчеркнуть, что учение о почве, созданное В. В. Докучаевым, рассматривается в двух аспектах.

Первый аспект – агропочвоведение, где акцент делается на практическое использование почвенного покрова, когда почва рассматривается в качестве кормилицы человека. Здесь и система земледелия, и структура посевных площадей, агрономические правила посева и ухода за растениями, плодородие почвы. Агропочвоведение имеет свой номер специальности по номенклатуре ВАК и соискателям присуждается ученая степень доктора или кандидата наук по сельскохозяйственному направлению. Агропочвоведение – составная часть агроуниверситетов и сельскохозяйственных высших и средних учебных заведений.

Второй аспект почвенной науки – биологическое почвоведение, которое рассматривает почву и почвенный покров как часть биосферы – педосферу, как итоговый компонент биосферы, биогеохимический экран планеты.

Две ветви науки о почве – прикладное и теоретическое почвоведение идут рука об руку, они дополняют друг друга так же как это происходит в металлургии и металловедении, в физиологии человека и медицине, в лесоводстве и лесоведении и в ряде других областях знаний.

В своей работе «Страница из истории почвоведения. Памяти В. В. Докучаева» В. И. Вернадский пишет: «Чернозем в истории почвоведения сыграл такую же выдающуюся роль, какую имела лягушка в истории физиологии, кальцит в кристаллографии, бензол в органической химии».

Свой труд «Русский чернозем» В. В. Докучаев построил на наших Украинских черноземах. Здесь он на крестьянской повозке проехал более 10 тысяч километров,

произвел десятки тысяч почвенных разрезов и отобрал множество почвенных образцов, которые обработал физическими и физико-химическими методами.

Докучаев утверждал, что развитием почвообразовательных процессов можно управлять, если подходить грамотно и комплексно. В своей книге «Наши степи прежде и теперь» (1892) он разработал детальную программу борьбы с засухой и периодическими неурожаями, рациональному использованию черноземных почв. Этой работой восхищается весь научный мир почвоведов и агрохимиков.

Мы этот процесс называем менеджментом экологического почвоведения, инновационными методами и производим инновационный подбор кадров с брендинговой конкурентноспособной подготовкой специалистов.

Книга В. В. Докучаева «Русский чернозем» во многих странах систематически переиздается, а во Франции и в Канаде она издана к столетию выхода в свет книги в бархатном переплете и служит для фермеров повседневным руководством.

В своих лекциях В.В. Докучаев подчеркивал: «Я буду беседовать с Вами о царе почв, о главном основном богатстве России, стоящим неизмеримо выше богатств Урала, Кавказа, богатств Сибири – все это ничто, в сравнении с ним, нет тех цифр, какими можно было бы оценить силу и мощь царя почв – нашего русского чернозема. Он был, есть и будет кормильцем России».

В Украине из 60,4 млн. га земельных ресурсов Украины, 60 % занято черноземами. Согласно статье 14 Конституции Украины, земля является основным национальным богатством, которое находится под чрезвычайным контролем государства.

Как же мы обращаемся с нашим богатством - черноземными почвами?

Благодаря начатой компании по упорядочению неудобных земель и сокращению площадей пахотных земель, разработанные академиком НААНУ В. Ф. Сайко, акад. С. А. Балюком, акад. Г. А. Мазуром проф. А. В. Боговиным и другими известными специалистами национального научного центра института земледелия НААНУ были проведены работы по изъятию из пахотного клина 10 млн. га черноземов.

Постановлением № 581 от 29 апреля 2002 года «Про затвердження державної Програми «Ліси України на 2002–2015 рр.» было запланировано создание искусственных лесов на площади 2,5 млн. га и 7,5 млн. га – для пастбищ и сенокосов.

В комплексе преобразования сухой степи было предусмотрено строительство прудов и водоемов, искусственных морей на Днестре, что обеспечило орошением более 2,5 млн. га земель.

Обводненность территории и прогрессивные системы земледелия гарантируют сохранность черноземов и увеличение их плодородия.

Из данных конвенции по борьбе с опустыниванием каждый год континенты под влиянием ветровой и водной эрозии теряют 24 миллиарда (24 кубокилометра) верхнего плодородного слоя почвы.

Лесные полезащитные насаждения ставят заслон суховеям, умирят их губительное воздействие на сельскохозяйственные культуры, препятствуют развитию пыльных бурь, обеспечивают равномерное распределение снега на полях, что гарантирует выживание озимых культур. В последние годы, в результате уничтожения лесных полезащитных полос (до 30 %) хозяйства Полтавской, Харьковской, Донецкой, Запорожской и многих южных областей на месте уничтоженных лесных полос выставляют деревянные щиты, с целью закрыть снегом озимые и не допустить их гибели от низких температур. В 2007 г. произошел рецидив «черных бурь».

Под губительным влиянием суховея и пыли оказалось 125 тыс. кв. км, что составило почти 20 % территории Украины или 50 % площади всей степной зоны (Зубец, 2008). Так начинает нам мстить природа.

Еще недавно мы гордились достижениями в преобразовании природы сухих степей и полупустынь, но сейчас своими достижениями гордятся фермеры Австралии, Канады, США, где хозяин земли обязан на полях иметь от 15 до 30 % полезащитных полос, в противном случае земля возвращается государству для передачи более рачительному хозяину.

В довоенное время было создано в степных и лесостепных районах Украины 450 тыс.га, полезащитных лесных полос, а в послевоенное время – 550 тыс.га, общей площадью свыше 1 млн. га.

Прибавьте сюда искусственные лесные массивы – Дибровский лес (Больше-Михайловка), Пятихатские лесные массивы, Комиссаровская лесная дача, Старо-Бердянская лесная дача, Алтагир, Радионовка, Мариупольская ЛОС, Велико-Анадольский лес, Владимировская дача, а также Святые горы, байрачные, долинные леса и перелески, и перед Вами возникнет не сухая бесплодная степь с периодическими засухами, а степное лесополье, как образно называл облесенные земли степи академик Г. Н. Высоцкий, а профессор А. Л. Бельгард разработал типологию искусственных лесов – алгоритм конструкции для создания долговечных и устойчивых лесных насаждений в степи, обладающих мощной водоохраной и противозерозной ролью.

Гениальный русский ученый Д. И. Менделеев высоко ценил труды по степному лесоразведению. Он писал: «Работа в этом направлении настолько важна для будущего России, что считаю ее однозначной с защитой государства».

В последние годы беспечное и беззаботное отношение к полезащитным лесным насаждениям негативно сказалось на их положительном средообразующем воздействии. Вследствие сжигания стерни (и заодно) лесных полезащитных полос, исключенных из подчинения лесным управлениям байрачных лесов и перелесков, широко распространенные самовольные порубки и невиданные лесные пожары обуславливают возникшие рецидивы пыльных черных бурь.

Значение научных исследований в деле охраны, восстановления и бережного научно-обоснованного использования черноземных почв с каждым годом возрастает. Одновременно с этим, вызывают тревогу все усиливающаяся антропогенная нагрузка, отказ предприятий проводить рекультивационные работы, снижение способности компонентов биогееценозов и, в первую очередь, почвы как итогового компонента работы любого биогееценоза, к восстановлению и саморегуляции.

Полное игнорирование четко отработанных теорией и практикой систем земледелия, игнорирование структуры посевных площадей, снижение количества крупного рогатого скота и животноводческих цехов в фермерских хозяйствах, злоупотребление пестицидной обработкой почвы и внесением минеральных удобрений взамен органических, медленные темпы создания новых лесных полезащитных насаждений взамен стадийно старых и уничтоженных самовольными порубками и пожарами, все это приводит к расширению масштабов угрожающего экологического бедствия.

Полезащитных лесных насаждений у нас пока немало. Они увеличивают урожай от 17 до 78 %, превращают поверхностный сток воды в глубинный, играют незаменимую надежную противозерозную роль. Чтобы обеспечить безопасное земледелие необходимо иметь лесистость не 2,5–3,5 %, а от 12,0 до 14,0 %.

Не является оправданным непродуманная и выполненная в спешке распаевка земель лесных ресурсов, куда были включены и неудобные земли, подлежащие облесению.

Затруднена подготовка кадров почвоведов-геоботаников отсутствием в учебных планах бакалавров на биологических факультетах университетов курса почвоведения, сокращение часов по почвоведению в аграрных университетах. Почва обладает памятью, она – наиболее устойчивый компонент экосистем, но и наиболее трудно возрождаемый. Почву необходимо относить к невозобновляемым ресурсам.

Только совместными усилиями большой науки, разумной практики можно уберечь от гибели главное богатство Украины – черноземы, которые были и остаются гордостью и житницей нашего народа.

ТЕОРЕТИЧНІ ПРОБЛЕМИ ГРУНТОЗНАВСТВА

УДК 631.4

Б. П. Градусов

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ГЕНЕЗИСА И ГЕОГРАФИИ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД РУССКОЙ РАВНИНЫ

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

В статье обобщены результаты литологических и минерало-кристаллохимических исследований почвообразующих пород. Обоснована целесообразность комплексной классификации пород. На первом уровне учитываются области мобилизации и поставок мелкозема. На следующем уровне – ареалов пород – можно охарактеризовать субстантивные признаки почвообразующих пород. Эти признаки должны включать: химический, минералогический, микроагрегатный и гранулометрический состав. На третьем уровне можно отразить комплекс процессов и генезис пород.

Ожидаемая биогеохимическая закономерность размещения пород существенно усложнена в реальном плане почвообразующих пород преимущественно фактором поставок мелкозема: ледовым литогенезом, горным мелкоземом, денудацией древних пород внутренних фаций равнины, повторным вовлечением мелкозема в осадочный процесс на приморских территориях, поставками с бассейнов западной и центральной Европы.

Ключевые слова: генезис и география, минералогический состав, почвообразующие породы.

Б. П. Градусов

Московський державний університет ім. М. В. Ломоносова

ЗАКОНОМІРНОСТІ ГЕНЕЗИСУ ТА ГЕОГРАФІЇ МІНЕРАЛОГІЧНОГО СКЛАДУ ГРУНТОУТВОРЮЩИХ ПОРІД РУСЬКОЇ РІВНИНИ

У статті узагальнені результати літологічних та мінерало-кристаллохімічних досліджень ґрунтоутворюючих порід. Обґрунтовано доцільність комплексної класифікації порід. На першому рівні враховуються області мобілізації та привнесення дрібнозему. На наступному рівні – ареалів порід – можна охарактеризувати субстантивні ознаки ґрунтоутворюючих порід. Ці ознаки повинні включати: хімічний, мінералогічний, мікроагрегатний та гранулометричний склад. На третьому рівні можна відобразити комплекс процесів та генезис порід.

Очікувана біогеохімічна закономірність розміщення порід суттєво ускладнена у реальному плані ґрунтоутворюючих порід переважно фактором привнесення дрібнозему: льодовим літогенезом, гірським дрібноземом, денудацією давніх порід внутрішніх фаций рівнини, повторним залученням дрібнозему до осадкового процесу на приморських територіях, привнесенням з басейнів західної та центральної Європи.

Ключові слова: генезис та географія, мінералогічний склад, ґрунтоутворюючі породи.

В. Р. Gradusov

M. V. Lomonosov Moscow State University

MECHANISM OF GENESIS AND GEOGRAPHY OF SOIL-FORMING ROCK MINERALOGICAL STRUCTURE OF RUSSIAN PLAIN

In the paper the results of lithologic and mineralo-crystal-chemical researches of soil-forming rocks are presented. Appropriateness of complex classification of rock is substantiated. On the first level the mobilization and pit-run fines delivery ranges are taken into consideration. On the level of rock area the substantive signs of soil-forming rocks are described. These signs should include

© Градусов Б. П., 2010

ISSN 1684-9094. Ґрунтознавство. 2010. Т. 11, № 3-4

chemical, mineralogical, micro-aggregative and granulometric composition. On the third level the complex of processes and genesis of rocks are reflected.

Anticipated biogeochemical regularity of rock placing is complicated in the real plan of soil-forming rocks by the factor of pit-run fines delivery: ice lithogenesis, mountain pit-run fines, denudation of ancient rock of inner facies of plain, repeated implication of pit-run fines in sedimentary process of maritime areas, deliveries from Western and Central Europe basins.

Key words: genesis and geography, mineralogical structure, soil-forming rocks.

Первый систематически выполненный опыт картографирования почвообразующих пород Русской равнины был осуществлен П. Н. Чижиковым (1969). Его карта построена на использовании генетических определений пород. Отсутствие единого мнения о процессе накопления отложений, а также недостаток данных о свойствах ряда пород равнины привел к тому, что некоторые ареалы пород на Карте названы проблематическими отложениями. Это относится, в частности, к покровным отложениям в Приуралье.

Значительный вклад в формирование современных представлений о генезисе и географии приповерхностных (почвообразующих) отложений Русской равнины внес В. А. Ковда (1973) и его ученики (Самойлова, 1983; Розанов, 1977). Ковде (1973) принадлежит Карта почвообразующих пород европейской части СССР, а также известная схема почвенно-геохимических ландшафтов Русской равнины. В основу этих обобщений положены два принципа: 1) большинство пород и почв равнины в своем развитии прошли стадию гидроморфизма и 2) распределение отложений и их характер определяется дифференциацией продуктов ледового транспорта и изменениями в постледниковье под влиянием преимущественно биогеохимических процессов. Основной итог рассмотрения генезиса и географии пород равнины В. А. Ковда выразил таким образом: подобно другим великим равнинам бореального пояса Русская равнина в периоды таяния ледников на фоне положительной неотектоники характеризовалась дифференциацией моренного материала в общем направлении с северо-запада на юго-восток. Дифференциация материала сопровождалась утяжелением осадков в указанном направлении и включением в литогенез и почвообразование последовательно карбонатной, гипсовой и солевой составляющей.

Развитая В. А. Ковдой идея палеогидроморфной стадии почвообразования может быть поставлена в соответствие с идеей ранних субаэральных диагенетических изменений осадков у литологов. П. П. Тимофеев и др. (1977) считали, что нет непреходимой границы между процессом почвообразования и эпигенетическими изменениями осадков. В почвах на ленточных глинах северо-запада мы наблюдаем сочетание в одном профиле (и колонке) феноменов диагенетического и почвенного типа (Градусов, 2006).

Значительность представлений В. А. Ковды и его учеников об историческом аспекте почвообразования вытекает из соответствия почвенных и геологических подходов к исследованию процессов в той части земной поверхности, которая, прошла длительный и сложный путь эволюции.

В геологии оформилось учение о раннем диагенезе осадков. После отложения осадка в генетическую стадию в нем происходит в зависимости от типов тектоники и, соответственно, режимов увлажнения два рода изменений: при погружении толщи субаквальный диагенез, при положительной тектонике – диагенез субаэральный. П. П. Тимофеев и др. полагали, что почвообразование есть субаэральный диагенез осадков.

Конечно, к числу трудных и важных проблем почвоведения относится проблема соотношений между почвенными процессами изменений почвообразующей породы и процессами диагенетических изменений осадков в нижней части профиля. В качестве примера почвенных профилей, в которых, по-видимому, наблюдаются признаки как диагенетических субаэральных изменений, так и почвенные процессы, относятся профили почв на ленточных глинах северо-запада равнины.

Изучение трещинообразования в этих профилях было проведено С. А. Шобой и др. (1983) с помощью макро-, мезо- и микроморфологических методов. Из материа-

лов этих исследований следует, что толща профиля глубже 40–50 см испытывает значительные изменения, обязанные субаэральному диагенезу. Процессами почвообразования изменяются преимущественно наиболее крупные трещины, которые выклиниваются на небольшой глубине. Переход эпигенетических изменений осадков от субаквальных диагенетических к субаэральным. В качестве примера возможности таких изменений укажем на породы и почвы Тамбовской низменности.

МАТЕРИАЛЫ И ОБОБЩЕНИЯ

Как известно, почвообразующие породы непосредственно не исследуются литологами и геологами четвертичного периода. Это является причиной значительных трудностей обобщения данных о структурно-минералогической основе почвообразующих пород.

Базовое значения для понимания закономерностей размещения почвообразующих пород и их минералого-кристаллохимической основы имеют: «Геоморфологическая карта. Современная эпоха. Русская платформа», а также Палеогеографические карты Русской равнины (Развитие ландшафтов..., 1993). Общие черты размещения современных кор выветривания и петрографо-минералогических разрядов зональных экосистем представлены в Атласе ресурсов и природы Земли (Градусов, 1983). Для выявления факторов и закономерностей размещения минералого-кристаллохимической основы почвообразующих пород на южной части Русской равнины важно учитывать схему эволюции геологического строения водосборных бассейнов В. Н. Холодова (1975) и др.

В конце прошлого века почвенная наука, а также палеогеография накопили много новых материалов, среди которых первоосновное значение имеют данные количественной рентгенографии илистого вещества и более грубых частиц почв и пород.

На основе этих и других материалов автором разработаны Карты профилей глинистого материала почв Европейской территории СССР (Градусов, 1973), распределения смешаннослойных образований по профилям почв СССР, петрографо-минералогических общностей почвообразующих пород СССР, структурно-минералогической основы пород и почв мира. Разработано представление о факторах и географии глинистых минералов твердого вещества речного стока (Градусов, 1977), минералогическом составе илистого вещества лессовых пород (Градусов, 1976).

Настоящая работа является продолжением исследований в этом направлении.

Источники материала почвообразующих пород равнины

Можно различать три группы источников мелкозема, участвовавшего в формировании твердой фазы почвообразующих пород: (1) породы морен, включающих материал исходных областей оледенения и местный материал древних комплексов пород, (2) породы горного обрамления равнины, 3) древние (дочетвертичные) породы центральных фаций равнины.

Морены и их генетически ближайшие производные по источникам пород в областях мобилизации относятся, согласно С. А. Яковлеву (1956), к трем группам: 1) скандинавской, 2) кольско-карельской и тиманской, 3) новоземельской. С. А. Яковлев проводит границу между моренами, связанными с Фенноскандией и Новой Землей по линии: западная оконечность Онежского озера – Восточный склон Средне-Русской возвышенности.

По особенностям местного материала выделяются моренные и связанные с ними суглинисто-глинистые покровные и аллювиальные отложения скандинавской группы. Это обусловлено вовлечением в ледовый транспорт палеозойского вулканогенно-осадочного комплекса пород на Глинте и Ижорской возвышенности на северо-западе равнины, а также тихвинского каолиново-бокситового комплекса кор выветривания в составе моренных суглинков Валдая.

Исследования мощного комплекса палеозойских пород Глинта показало преобладание собственно иллитов, сопутствуемых смектитом. Широко представлены среди терригенных пород прослои пеплового материала, исходно состоявшие из вулканических стекол. Стекла замещены глинистым веществом. Оно состоит из упорядо-

ченных в той или иной мере слюда-сметитов. Кристаллохимически они близки к смешаннослойным образованиям, описанным в Швеции и Карелии (Градусов, 1967, 1976) и относятся к К-ректоритам (аллевардитам). Глинистый материал этого комплекса пород послужил основой озерно-ледниковых глин, известных в почвоведении под названием ленточных (Матинян, 2003; Градусов, 2005).

Сравнительно-географический анализ почв на карбонатных отложениях и их дериватах Северо-Запада и Приуралья показал глубокие отличия как коренных пород, так и почв, развитых на их дериватах (Градусов, 1974; Рубилина, 1974).

Почвообразующие карбонатные суглинки и глины на северо-западе содержат илесто-вещество каолин-иллитового типа. Силикатная часть твердой фазы карбонатных пород аналогична палеозойским породам Глинты и, несомненно, генетико-географически связана с этими породами. Другой формой влияния местного материала на состав отложений на северо-западе равнины являются ленточные глины. Они относятся к озерно-ледниковым отложениям. Кроме иллитов и слюда-сметитов, ил этих глин включает каолинит-сметитовые образования. Последнее отражает участие глубоко выветрелых коренных пород девона и карбона. Ленточные озерно-ледниковые отложения в качестве почвообразующих или подстилающих проявляются на севере Беларуси.

Недавние исследования на севере Русской равнины (долина Двины) показали (Goryachkin, Pfeifer, 2005), что коренные породы представлены сложными по химическим и минералогическим признакам отложениями с карбонатами (преобладает доломит), гипсом, и иллитами. Судя по рентгендифрактограммам, представленным в этой работе, в породах можно предполагать присутствие палыгорскитов. Формально эту ассоциацию можно рассматривать как эвапоритовую. Однако, есть и признаки процессов другого типа (Градусов, 1976).

Приведем во внимание известные проявления шунгитов и развитых на них почв на северо-западном побережье Онежского озера. Исследования химического и минералогического состава этих пород и почв показало, что в их грубодисперсной части присутствует тальк и триоктаэдрический хлорит-вермикулит. Это дает основание заключить, что источниками шунгитовых пород являются глубинные части земной коры, а минералообразование носит признаки постмагматического процесса по ультрабазитам.

Восточнее участка с почвами на древних гипс-доломитовых породах (см. выше) известны продуктивные и оконтуренные месторождения алмазов. Эндогенный генезис трубок очевиден. Для них характерны триоктаэдрические смектиты с высоким содержанием магния. Этот минерал обнаруживается в продуктах переотложения материала трубок.

Эти проявления пород и минералообразования дают веские основания считать, что на самой северной окраине Русской равнины имеется структура с минералообразованием, обусловленным влиянием эндогенных источников веществ. Однако, в четвертичных и, в частности, почвообразующих отложениях влияние типоморфных минералов проявляется главным образом локально и в форме низких концентраций (единичных зерен или небольших количеств смектов триоктаэдрического типа). Возможно, что слюдисто-гидро-слюдистая компонента этих пород также участвует в составе почвообразующего материала.

На крайнем северо-востоке равнины описаны почвы с мономинеральным смектитовым илом. В бассейне Печоры почвообразующие породы имеют смектит (вермикулит) – гидро-слюдистый состав.

В противоположность каолинит-гидро-слюдистому составу коренных карбонатных пород и их дериватов северо-запада карбонатные породы на востоке равнины имеют гидро-слюдисто-сметитовый состав.

Мелкозем, поставляемый на равнину горными системами

Три горных системы – Карпаты, Кавказ и Урал – поставляют разный мелкозем на прилегающие территории равнины. Горные системы Карпат и Кавказа входят в молодые системы альпийского орогенеза, а Урал относится к наиболее древним геосинклинальным системам.

Мелкозем Карпат. Согласно материалам многочисленных рентгеноструктурных исследований, выполненных в Кишинеvском государственном университете В. Е. Алексеевым, а также в Почвенном институте им. В. В. Докучаева по коллекциям почв Прикарпатья И. Н. Гоголева, С. В. Зонна и А. К. Целищевой, неопубликованным материалам Е. Н. Рудневой и Б. П. Градусова, в чехле рыхлых мелкоземистых пород Прикарпатья представлены две ассоциации глинистых минералов: 1) с преобладанием иллита и смешаннослойного слюда-сметита, 2) с преобладанием иллита и смешаннослойного хлорит-сметита. Содержание каолинита ничтожно. Сметитовый компонент представлен как пакет в составе смешаннослойных образований и содержится обычно в подчиненных количествах.

Был проанализирован минералогический состав илистого вещества мощной толщи лессового типа восточного склона Карпат, примыкающего к долине и дельте Днестра по коллекции А. Г. Черняховского (неопубликованные данные). Ил состоит из хорошо окристаллизованного иллита, глинистого хлорита триоктаэдрического типа и слюда-сметитового смешаннослойного образования. В илистом веществе пород колонки лесса больше сметитового компонента, чем в отложениях и почвах севера Карпат.

Ближний минералогический состав имеют и породы низкогорий Румынии. Автор исследовал минералогический состав бурых лесных почв и бурой псевдоглеевой оподзоленной почвы, представленных участникам VIII Конгресса почвоведов в Бухаресте по образцам почв, собранных А. А. Роде и Н.И. Базилевич.

Мелкозем, мобилизуемый на склонах Карпат, участвовал в формировании почвообразующих суглинков и глин подгорных равнин, возможно, до долины Днестра.

Мелкозем Кавказа. Мелкозем рыхлых отложений Северного макросклона Кавказа по минералогическому составу илистого вещества является гидрослюдистым. Гидрослюда сопровождается слюда-сметитом, иногда с признаками упорядоченного чередования пакетов и тонкодисперсным хлоритом. Это было установлено по коллекциям почв и почвообразующих пород А. И. Ромашкевич, а также неопубликованным материалам Л. Горчарука. Последние относились к почвам и рыхлым отложениям Северо-Кавказского заповедника. Мелкозем здесь относится к хлорит-гидрослюдистым разностям с количеством ила до 20 %. Мелкозем образован в результате физического выветривания метаморфизованных и эпигенетически измененных осадочных пород, накопленных в древнем геосинклинальном бассейне.

Наибольший интерес представляют материалы по минералогическому составу сводной колонки третичных отложений Восточного Предкавказья (Холодов, 1976). Она представляет мощную толщу чокрак-караганской свиты. Установлено, что верхняя часть толщи со слабыми диагенетическими изменениями осадков представлена обломочной хлорит-гидрослюдистой ассоциацией, образованной за счет мобилизации древнейшего комплекса эпигенетически сильноизмененных пород, вплоть до метаморфических изменений. В средней части колонки проявляются признаки интенсивных диагенетических изменений, когда рентгенометрически проявляются признаки слабоупорядоченных слюда-сметитовых образований. Эпигенетические изменения материала нижней части толщи, относятся к типу катагенетических (по Вассоевичу). Здесь ил включает существенно упорядоченные наноразмерные синтетические замещения иллита-сметитового типа.

Пойменные и дельтовые почвы Терека выносят материал, соответствующий по минералогическому составу и структурным особенностям смешаннослойных образований средней и особенно нижней толщи третичных отложений. Почвообразование в долине Терека не приводит к существенным изменениям тонкодисперсной части осадков и почв, развитых на них (Добровольский, 1992).

Западная часть макросклона Кавказа поставляет в речной сток и осадки речной долины Кубани сметит-гидрослюдистый материал. Рыхлые толщи отложений относятся к легким глинам с признаками слитости (Градусов, 1998).

Твердый сток с Восточного склона Кавказа образован преимущественно за счет размыва пород, минералогический состав которых аналогичен тому, который рассмотрен выше. Проявления гидротермальных пород, к которым приурочены извест-

ные аллевардитовые глинистые пленки в месторождениях пьезо-кварца не оказывают влияния на общий иллит-хлоритовый сток в Каспийское море. Согласно исследованиям М. А. Ратеева и др. (2003), современные осадки северной части моря состоят из той же ассоциации минералов. Хлорит-гидрослюдистые осадки на территории Прикаспийской низменности являются главным типом почвообразующих пород.

Мелкозем Урала. В почвообразующих породах типа элюво-делювиев и пролювиев нашла отражение длительная история литогенеза зеленокаменного горного массива. Внедрение основного и ультраосновного материала происходило в течение раннего кембрия – раннекаменноугольного времени. Оно сопровождалось региональными процессами гидротермального метасоматического замещения пород, характерной чертой которых является более или менее упорядоченные формы триоктаэдрических хлорит – смектитов (вермикулитов). В зонах с более низкими температурами гидротермальных растворов преобладает синтетический низкозарядный смектит.

В древних почвенно-элювиальных профилях по смектитам синтезируется каолинит-смектитовое смешаннослойное образование.

В течение палеозоя и низов мезозоя Урал находился в условиях гумидного литогенеза. Страхов рассматривает известные проявления бокситов на Урале как результат интенсивного выветривания при высоком расположении экватора в нижнем палеозое. Это нашло отражение в широком распространении здесь сапролитовых зон древних кор выветривания. Они были установлены во многих районах: на севере (Красная шапочка) и юге (Орская депрессия). Согласно имеющимся данным, илистое вещество этих зон, а также почвенных профилей состоит из каолинит-смектитовых смешаннослойных образований. Однако, значение этого процесса и его продуктов в минералогии четвертичных осадочных, в том числе почвообразующих пород, невелико. В течение последующей геологической истории коры выветривания каолинит-смектитового и бокситового типа были денудированы на большей части горной страны, и в настоящее время почвы развиваются на переотложенных смектитовых продуктах гидротермального генезиса.

При развитии почв на сапролитовых зонах кор выветривания по почвенным профилям устойчиво наблюдается понижение количества смектитовой фазы и накопление гидрослюды и хлоритов.

На примыкающей к горной системе Урала равнине почвенный покров сформирован на суглинисто-глинистых отложениях с существенным участием смектитового компонента (Градусов, 1983; Добровольский, 1992). Здесь содержание смектитов в илистых фракциях достигает 70–80 %.

Согласно материалам изучения почв Приуралья, выполненным в Почвенном институте, а также исследованиям минералогии ила почв Приуралья в Казанском университете, почвообразующие породы Приуралья относятся к тяжелосуглинистым – легкосуглинистым высокосмектитовым.

Минералогический состав лессовидных пород Среднерусской возвышенности

Исследования минералогического состава и микростроения лессовых толщ и погребенных в них почв (Величко, 1974; Морозова, 1979; Градусов, 1976) позволяют заключить, что минералогический состав ила и структурные особенности главных его компонентов на равнине могут быть различны в соответствии с историей формирования континентальных отложений на равнине, в частности, с условиями мобилизации и сингенеза осадков. Характерно, что коренных изменений этих условий в течение плейстоцен–голоцена не происходило. Это фиксируется в сходстве минералогического состава и структурных особенностей фаз по всем лессовым колонкам и заключенным в лессах почвам.

В центральной части равнины, между Волгой и Днестром влияние твердого стока с горных систем Карпат и Урала снижается в минералогическом составе почвообразующих пород. Главными факторами разнообразия состава пород являются осадочные эпигенетически слабоизмененные мезокайнозойские породы Валдайской, Смоленско-Московской и Средне-Русской возвышенности. Южнее широты Воронежа на склонах Воронежской антиклизы повышение количества смектитового компонента отражает влияние древнего Южно-Русского моря и, возможно, вулканизма.

Почвообразующие породы южной части равнины

Разнообразие пород здесь значительно. Характерная особенность – подстиление четвертичных отложений третичными морскими глинами. Так, известны почвы, минералогический состав илистой фракции которых, является практически мономинеральным смектитовым. В других профилях почв близ восточного склона украинского щита ил состоит практически целиком из каолинита. Это разнообразие определено особенностями истории южной части равнины. С одной стороны, здесь в течение третичного времени размещался морской бассейн. На Кавказе и в Карпатах еще осуществлялась вулканическая деятельность. Поступавший в водоем пепловый материал сравнительно быстро замещался глинистым веществом смектитового типа в ассоциации с цеолитом (клиноптиллолитом, реже морденитом). Однако, главными поставщиками терригенных веществ были реки, области мобилизации твердого материала которых, размещались в перигляциальной части Русской равнины, т.е. там где господствующими являются суглинистые смектит-гидрослюдистые отложения. С юга поступали взвеси со склонов Кавказа, в которых также преобладали гидрослюды, представленные в существенной мере иллитами (Холодов, 1975, 1976). В результате смешивания взвесей с севера и юга с вулканическими стеклами, замещавшимися смектитом, был сформирован огромный плащ третичных существенно смектитовых осадочных пород.

Геоморфологическая особенность южной части равнины заключается в глубоком врезе рек. Благодаря этому в современный сток мобилизуется материал практически всех пород кайнозоя (таблица).

Обобщив материалы об эволюции питающих провинций в истории Земли, в том числе черноморского, азовского и каспийского бассейнов, В. Н. Холодов (1975) пришел к заключению, что наиболее важным поставщиком осадочного материала в морские эпиконтинентальные бассейны мобилизации твердого стока были древние осадочные песчано-глинистые и глинистые отложения мезозоя (мел-палеоген-неоген).

Напомним, что минералогические исследования илистого вещества почв и почвообразующих пород южной части Русской равнины начались сразу же, как только в почвоведение России был внедрен рентгенометрический метод (Антипов-Каратаев, 1938). В черноземах был обнаружен монтмориллонит. Исследованиями Н. И. Горбунова (1963 и др.), а также Е. А. Шурыгиной установлен сложный состав илистого вещества обыкновенных черноземов Каменной степи.

Содержание глинистых минералов в твердом стоке рек Русской равнины

Реки	Минералы, в %				
	Гидрослюда	Смектитовый компонент	Хлорит	Хлорит+ каолинит	Каолинит
Мезень	55	20	20		5
Северная Двина	45	30	10		5
Онега	50	15	35		0
Дунай	60	25		15	
Днепр	45	35		20	
Волга	46	37		17	
Кубань *	40–50	30–40	5		15

Примечание. * – по определениям в нескольких участках.

Рентгенометрические исследования на дифрактометрах почв южной окраины равнины проводились на коллекциях Т. Л. Быстрицкой, Г. Андреева под общим научным руководством В. А. Ковды. В почвах преобладают гидрослюды и смектиты в разных соотношениях, но с преобладанием смектитового компонента. Обширные исследования почв ряда областей равнины провела Н. П. Чижикова (1982, 1992). Она

обратила внимание на заметные изменения минералогии илистого вещества черноземов под влиянием агротехногенных воздействий. Как правило, в верхнем горизонте снижается содержание смектитового компонента.

Почвы Черноморских лиманов

Слитогенез в почвах равнины привлек внимание почвоведов в 1970–80-х годах. В 1980–90 годах были выполнены исследования химического и минералогического состава почв склонов, представленных мочаристыми черноземами. О. Г. Назоренко и М. Б. Минкин (1990) обратили внимание на хорошую окристаллизованность минералов ила и коллоидов в слитых горизонтах черноземно-луговой почвы Восточного склона Донецкого массива. Авторы предположили, что мочаристость почвы обусловлена переувлажнением, при котором происходит пептизация части частиц предколлоидной фракции в коллоидную. Первопричиной самого переувлажнения является тяжелый состав пород с наноскопическими частицами глинистых минералов.

О возможности современных гидротермальных процессов

Существующие концепции почвенных ландшафтно-геохимических закономерностей на Русской равнине принимают, что процессы изменений минеральной части осадков и пород обязаны гипергенным, почвенным и осадочным процессам, т.е. происходят в условиях нормальных температур в приповерхностной толще земной коры без поступления эндогенного материала. Это представлялось естественным, так как Русская платформа – древний устойчивый компонент континентального блока. Однако, южная часть равнины (за 45–48 параллелью) относится к альпийской складчатой зоне, в которой преобладают осадочные отложения с Кавказа (Холодов, 1975).

В течение последних 10–15 лет рядом исследователей (Цеховский, 1996; Муравьев, 1997 и др.) развиваются представления нового типа. Считают, что платформенный фундамент способен к растяжениям, что сопровождается формированием трещин, а также авлакогенов. По этим трещинам еще в третичное время к дневной поверхности устремлялись глубинные вещества: лавы и гидротермальные растворы. Эти авторы относят вулканическую активность на платформах к фумарольному типу.

Литологи вернулись к старой проблеме вещественного состава мел-неогеновых отложений средней и южной части Русской равнины. Напомню, что еще в 30-х годах Лодочников обнаружил частицы вулканических стекол в этих отложениях. Недавно Ю. Г. Цеховским (1996) и группой геологов были обнаружены многочисленные образцы отложений с вулканическим стекловатым материалом. Проявления этого типа характерны для областей равнины на юг и юго-восток от широты Воронежа.

Существуют три возможных источника вулканических стекол: поставки пеплов из вулканов Аппенинского полуострова, пеплы сравнительно недавних извержений вулканов на Карпатах (известно, что здесь вулканическая активность продолжалась дольше, чем в других горных системах, окружающих Русскую равнину), пеплы, приносившиеся с Кавказа.

Не менее существенно и то, что вулканизм фумарольного типа и сейчас имеет место в центре и на юге Русской равнины. Он приурочен к небольшим глубоким озерам. В качестве таких очагов вулканизма можно рассматривать озерные системы на территории Тамбовской низменности.

Каолины, смектиты и палыгорскиты Донецкого кристаллического массива

Сложность генезиса и географии пород на юге Русской равнины выражена наглядно на Донецком кряже. На территории известны месторождения каолинов, разрабатываемых промышленно (Просьяновское, Положское). Несмотря на детальные исследования, в особенности структуры каолининовой фазы, генезис каолиновых проявлений остается неясным. Рассматриваются два варианта: (1) каолины являются продуктами древнего гумидного выветривания и (2) это – зона гидротермального регионального метасоматоза массивно-кристаллического массива.

В третичных глинах Опшняянского проявления и в ряде других мест еще в 1940–50 годы были описаны минералы с необычной дифференциальной кривой нагревания. Она имела одну среднетемпературную эндотермическую реакцию. Эти

глины были отнесены к монотермитовым. Исследования в Почвенном институте показали, что рентгеновские данные этих глин соответствуют смешаннослойным образованиям каолинит-сметитового типа. Источниками этих глин могли быть сапролитовые зоны кор выветривания на Волинской возвышенности (Градусов, 1978).

Для нас важно, что каолины, образованные здесь, разносятся на значительные площади Донбасса. Литологи и почвоведы исследуют древние почвы в толщах осадочных пород Донецкого бассейна (Феофилова, 1975). Н. И. Горбунов и Е. А. Шурыгина (1963) исследовали черноземы на юге Украины, развитые на породах с участием высоких содержаний каолинита. По результатам изучения почв в долине Волновахи (неопубликованные материалы Почвенного института) чернозем развит на двучленной толще: сверху лежит маломощный слой (20–30 см) лессоподобной породы, ниже он резко переходит в толщу с преобладанием каолинита. Каолинит относится к типу фэйрблей (низкоупорядоченных минералов).

Наибольший интерес представляет то, что здесь имеется известная группа бентонитовых (сметитовых) месторождений (Черкасское, Дашуковское), а также мощные толщи палыгорскитовых глин. В этом сочетании проявление глин данного типа следует рассматривать как морское и эвапоритовое проявление выражающихся морских водоемов (Градусов, 1976). Возможно, что в формировании бентонит-палыгорскитовых глин принимали участие и гидротермальные процессы.

Глинистые минералы в твердой фазе речного стока равнины

Автор (Градусов, 1976) исследовал минералогический состав твердой взвеси группы рек южной окраины Русской равнины по материалам Г. Ю. Бутузовой, Н. М. Страхова и М. А. Ратеева (1975).

Илистая часть стока характеризуется высоким содержанием гидрослюдистого компонента: 45–60 % от суммы глинистых минералов. Содержание смектитового компонента примерно в 2 раза ниже (15–35 %). Эти данные отражают интегральную картину мобилизации глинистых минералов на водосборных площадях равнины. Отметим, что состав глинистого вещества примерно одинаков в реках северной и южной части равнины.

Гидрослюдистому стоку Дуная, Днепра и Кубани соответствуют высокие содержания гидрослюдов в приповерхностном слое осадков северной части Бассейна Черного моря (50–60 %).

В одной из проб взвесей ниже Днепровских порогов установлен серпентин. Присутствие этого минерала отмечает наличие близкого залегания ультрабазитов в долине Днепра. Это означает, что таким образом в сток попадают тяжелые металлы, характерные для ультрабазитов: никель, хром, кобальт и др.

Некоторые общие закономерности распространения ила и глинистых минералов на равнине

Установлен высокий уровень разнообразия количеств ила и его минералогического состава на северной части равнины. Сказанное относится как к тонкодисперсной, так и к грубодисперсной части пород и почв. Гораздо более однообразным является минералогия пород и почв южной части равнины. Граница этих частей равнины может быть примерно проведена на уровне северной оконечности Средне-Русской возвышенности.

Составлена выборка показателей минералогического состава илистой фракции и ила в 41 профиле (178 горизонтах) черноземов Русской равнины от северных отрогов Средне-Русской возвышенности до Предкавказья и Причерномской низменности. Почвы представлены черноземами выщелоченными, оподзоленными, типичными, обыкновенными, слитыми основных фаций юга Русской равнины.

В этом направлении увеличивается количество илистого вещества. Содержание гидрослюдов и смектита понижается, а количество каолинита в сумме с хлоритом изменяется в широких пределах, но без заметного тренда изменений. Только там, где имеются подстилки легкими по гранулометрическому составу породами, содержание каолинита резко увеличивается, но таких горизонтов немного (меньше 5 %).

Установлено методом множественной регрессии, что заметной статистической связи между количествами глинистых минералов и содержанием ила практически нет. Имеется слабый тренд увеличения гидрослюдистого компонента с увеличением илистого вещества.

Более показательным было распределение на южной части равнины значений содержания минералов к количеству ила. С увеличением ила наблюдается понижение нормированных значений гидрослюды и смектитового компонента. Это не совпадает с имеющимися указаниями о повышении ила и смектита к югу. Иными словами, насыщенность илистого вещества почв смектитовым началом понижается.

Это означает, что: 1) в чехле почвообразующих пород равнины есть однозначно нарастающий к югу тренд увеличения илистого вещества, 2) тренду ила в ослабленной мере соответствует тренд увеличения гидрослюдистого компонента, распределение смектитового компонента имеет еще более слабый тот же тренд, но ослабленного типа.

Из этого в свою очередь следует, что абсолютные количества минералов ила в черноземах определяются не столько минералами и илистым веществом, принесенным с северных территорий равнины и дифференцированных в седиментогенезе, сколько влиянием местных пород, участвовавших в осадкообразовании и поставками гидрослюдистого материала с Кавказа и Карпат. Почвенные процессы вызывают понижение количества ила в верхнем горизонте, но не приводят к существенным однонаправленным изменениям минералогического состава илистого вещества по профилям. Присутствие органического вещества во фракциях ила верхних горизонтов не сопровождается заметным понижением или увеличением каждого из учтенных минералов.

Данные гранулометрического состава типичных черноземов основных областей распространения позволяют сделать два эмпирических обобщения: 1) существуют две группы типичных черноземов: (а) с ровным по профилям распределением фракций ила, (б) с минимумом илистой фракции в верхних горизонтах и максимумом в них крупнопылеватой фракции; 2) накопление до 10 % гумуса не привело к увеличению ила в гор. А по сравнению с породой.

Основная часть гумуса, подобно частицам глинистых минералов, пептизируется при подготовке почвы к анализу по Качинскому. Гумус даже частично растворяется при этом. Поскольку илистых частиц микроагрегатного типа в черноземах нет, глинистые минералы и гумусовые соединения до процедуры подготовки к анализам на дисперсность находятся в микроагрегированной массе пылевато-песчаной части распределения. Значит, фракция ила содержит те взаимодействия и смеси частиц гумуса и глинистых минералов, которые в нативном состоянии почвы и микроагрегатном составе находятся в составе физического песка.

Это служит достаточным основанием для вычитания количества гумуса из фракции ила с целью определения пептизируемого в подготовке по Качинскому минерального ила породы.

Распределение по профилям всех типичных черноземов минеральной части ила имеет элювиальный вид и внешне не отличается от распределений его в серых лесных и дерново-подзолистых почвах. С географо-генетической точки зрения возможны два типа объяснения этого феномена: 1) элювирование минерального ила в онтогенезе развития почвенных процессов, 2) агрегация ила и гумуса в прочной консолидированной форме крупнопылевато-песчаной размерности.

Из результатов применения методики выделения подфракций ила по подвижности Н. И. Горбунова следует, что полное выделение глинистых минералов из почвы происходит после разрушения органического вещества и оксидов-гидроксидов железа. Можно заключить, что часть органического вещества и глинистых минералов верхних горизонтов черноземов находится в составе гранулометрических песчано-пылеватых фракций. Поскольку фракции тонкой и средней пыли не являются модальными в тяжелосуглинистых - глинистых почвах, а гранулометрических фракций песка практически нет, основная часть глинистых минералов и гумуса находится в крупнопылеватой фракции. Это – прочносвязанная (консолидированная) часть органо-минеральных компонентов. Они не пептизируются при подготовке к гранулометрическому анализу по Качинскому.

Сказанное подтверждается распределениями значений корреляционной матрицы гранулометрического состава: единственной фракцией, с которой достоверно и отрицательно сильно связан ил, является фракция крупной пыли. При элювиировании частиц глинистых минералов ил был бы связан отрицательной связью со всеми крупными фракциями. Итак, понижение количества гранулометрической илистой фракции в верхних горизонтах типичных черноземов обусловлено агрегацией частиц гумуса и глинистых минералов в консолидированные микроагрегаты крупнопылеватой размерности, а не элювиальным процессом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гранулометрический, минералогический и химический составы почв и ила почвообразующих рыхлых пород центральных фаций Русской равнины более однороден, чем состав кайнозойских пород (Градусов, 1985). Поэтому, в почвах на маломощных почвообразующих суглинках увеличивается вероятность подстилания породой с иным минералогическим составом.

Литогенез четвертичного периода привел к схожести состава и свойств приповерхностных, в том числе почвообразующих пород. Ранее было показано, что минералогический состав илистого вещества речного стока равнины характеризуется однообразием (Градусов, 1976, 1998). Однообразен состав группы типичных для внутренних областей великих равнин покровных отложений. Главная причина этого заключается в том, что в осадках центральных фаций равнины принимали участие поставки вещества с разных направлений и разного типа: ледового, горного (карпатского и уральского), а также древних комплексов Южно-Русского моря и Кавказа.

Важнейшим фактором однообразия состава пород равнины является глубокий врез современной речной системы, доходящий местами до 50–100 м (Холодов, 1975). Благодаря этому в речной сток, осадки и отложения террас вовлекается материал отложений, по крайней мере, всего кайнозоя.

При этом сохраняются и некоторые особенности пород: покровные суглинки северо-востока характеризуются высоким содержанием песчаных фракций, суглинисто-глинистые почвообразующие породы Приуралья отличаются высоким содержанием илисто-тонкопылеватых частиц, а также смектитового компонента, в том числе и индивидуального. Прикарпатские породы отличаются более высоким содержанием гидрослюд и смешаннослойных слюда-смектитов и т.д.

Однако, в целом почвообразующие породы суглинисто-глинистого состава характеризуются однообразными химическим и минералогическим составом. Особенно высоко однообразие химического состава илистого и коллоидного вещества покровных почвообразующих пород.

Морские литологи давно обратили внимание на однообразие минералогического и химического состава илистой фракции осадков океана в области средних и высоких широт. Н. М. Страхов назвал ассоциацию минералов ила здесь «тривиальной». Несмотря на некоторую неловкость этого термина, он отражает существенное свойство минералогического состава современных осадков на просторах высоких и средних широт северного полушария – его однообразие с преобладанием гидрослюдистого компонента.

Это происходит путем увеличения гидрослюдистой и смектитовой компонент смешаннослойных образований, связанных в кристаллитах (частицах) одной размерности и образованных двумя противоположно направленными процессами – деградации исходных слюдистых минералов к слюда-смектитам (вермикулитам), синтеза в диа-катагенезе при перекристаллизации фаз иллит-смектитов и агрегации смектитовых компонентов к слюдистой структуре поглощением калия растворов. С факторной точки зрения насыщение илистого вещества указанными минералами отражает: высокое стояние континентального блока и углубление эрозионного вреза, а также нарастание холодности палеоклиматов к верхам кайнозоя.

Два пороодообразующих макропроцесса являются ведущими в течение голоцена на Русской равнине: оксидно-глинистой агрегации тонких частиц в крупнопылеватопесчаные микроагрегаты и агрегаты и разобращения коллоидно-илистого вещества от вещества песчанопылеватой размерности. Почвообразование привносит два других процесса: гумусово-

оксидно-глинистой агрегации и элювиально-подзолистого разобщения коллоидно-илистых и подзолисто-элювиальной дифференциации. Эти процессы приводят к двум типам профилей почв по распределению илистого вещества: элювиальному на северной части равнины и равномерно-слабоэлювиальному на южной. В серых лесных и черноземах центральной полосы наблюдается инверсия в соотношении указанных процессов.

В соответствии с большими различиями ледовой поставки осадочного материала, а также участию материала местных древних (вплоть до палеозойских на северо-западе) пород, почвообразующие породы северной половины по минералогическому составу грубой и особенно тонкой фазы, разнообразны. Минералогический состав ила изменяется от гидрослюдисто-каолинового до существенно смектитового. На крайнем севере равнины этому способствует процесс физического выветривания при низкоинтенсивных химических изменениях. В средней и южной тайге почвообразование приводит к разрушению глинистых минералов, особенно собственно смектитового типа и накоплению кварца и ортоклазово-микроклиновых полевых шпатов.

Однообразие гидрослюдисто-смектитового состава пород на южной части равнины нарушается близким залеганием, особенно, на склонах обычно пород вулканогенно-осадочных морских пород третичного времени с большим содержанием ила и смектит-гидрослюдистого компонента. На таких местоположениях появляются признаки еще одного процесса – слитизации пород и почвенных профилей. Региональный характер носят различия между породами Причерноморской низменности и Предкавказья (с большим содержанием гидрослюды) и центральных фаций степной полосы (с большим количеством смектитового начала).

Квантильные и вероятностные картины распределений слюдистого (10 А) и смектитового (17–18 А) компонентов к илу и друг к другу характеризуются постоянством соотношений практически по всем диапазонам значений за исключением образцов подстилающих пород при высоком содержании 7 А компонента (каолинита). Из этого следует, что рефлексы при 10 А и 17 А принадлежат смешаннослойному слюда-смектиту, вклад в интенсивности отражений индивидуальных гидрослюды и смектита, если и есть, то он несущественен.

Общая картина размещения почвообразующих пород по признакам структурно-минералогической основы является сложной. Главным фактором сложности являются разные источники твердой фазы мелкозема, поставлявшего в течение заключительного этапа голоцена. С учетом рассмотренных материалов, можно выделять ряд областей, породы которых принимали участие в поставках мелкозема на Русскую равнину: исходные области оледенений, геосинклинали на стадии орогенеза, древние комплексы осадочных пород центральных областей равнины, плейстоцен-голоценовые морские осадки на приморских окраинах.

На южной части равнины выделяется область с маломощными на склонах лесовыми почвообразующими породами, где в почвенных профилях сказывается влияние тонкодисперсных (наноскопических) глинистых пород морского происхождения.

В юго-западном углу равнины выделяется небольшая особая область обязанная поставкам мелкозема Дунаем из другой равнины бореального пояса, которая размещена в западной и центральной Европе.

Из рассмотренных материалов вытекает следствие относительно классификации почвообразующих пород. До настоящего времени обсуждаются два подхода к этой классификации – по составу и свойствам (субстантивный) или по генезису пород (генетический). Целесообразно использовать комплексный подход. В нем на первом уровне следует учитывать области мобилизации и поставок мелкозема. На следующем уровне можно охарактеризовать субстантивные признаки почвообразующих пород. Эти признаки должны включать химический, минералогический, микроагрегатный и гранулометрический состав. На третьем уровне характеризуется комплекс процессов и генезис пород.

Из рассмотренных материалов следует также, что ожидаемая биогеохимическая закономерность существенно усложнена в реальном плаще почвообразующих пород Русской равнины преимущественно фактором различий поставлявшегося мелкозема, мобилизованного ледовым процессом и денудацией древних пород внутренних ее фаций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Бутузова Г. Ю. Глинистые минералы в верхнем слое осадков Черного моря / Г. Ю. Бутузова, Б. П. Градусов // Литология и полезные ископаемые. – 1975. – № 1. – С. 1-11.
- Градусов Б. П. Генезис и особенности почв на ленточных глинах / Б. П. Градусов // Почвоведение. – 2006. – №5. – С. 627-629.
- Градусов Б. П. Генезис палыгорскита в континентальных и океанических отложениях / Б. П. Градусов // ДАН СССР. Литология. – 1976. – Т. 230, № 2. – С. 418-421.
- Градусов Б. П. Генетико-географические закономерности почвообразующих пород на карте мира / Б. П. Градусов, А. Г. Черняховский // Глобальная география почв и факторы почвообразования. – М.: Наука, 1983. – С. 196-302.
- Градусов Б. П. Глинистые минералы серых лесных почв южной лесостепи в связи с их генезисом и классификацией (диагностикой) / Б. П. Градусов, Л. С. Счастливая, Н. П. Чижикина // Вопросы генезиса почв лесной зоны и лесостепи. – Л.: ЛГУ, 1973. – С. 181-204.
- Градусов Б. П. Закономерности географии и генезиса минералого-кристаллохимической основы почв и процессов ее изменений при почвообразовании / Б. П. Градусов // Почвоведение. – 2005. – № 9. – С. 1138-1146.
- Градусов Б. П. О генезисе хлорит-монтмориллонитовых (вермикулитовых) смешанно-слоистых образований в отложениях Южного Приуралья / Б. П. Градусов // ДАН СССР. – 1976. – Т. 226, № 4. – С. 919-922.
- Градусов Б. П. Размещение профилей глинистого материала в почвах европейской части СССР / Б. П. Градусов // ДАН СССР. География. – 1973. – Т. 209, № 5. – С. 1167-1170.
- Градусов Б. П. Слитогенез как бифуркационная стадия почвообразования и принципы использования слитых почв / Б. П. Градусов, О. А. Яковлева, А. В. Хабаров // Слитые почвы. I Междун. научная конференция. Майкоп. Майкопский технологический институт. – 1998. – С. 91-92.
- Градусов Б. П. Факторы и география глинистых минералов речного стока / Б. П. Градусов, Н. П. Чижикина // ДАН СССР. – 1977. – Т. 234, № 2. – С. 425-426.
- Ковда В. А. Основы учения о почвах / В. А. Ковда. – Т. 1. – М.: Наука. 1973. – 447 с.
- Лысенко М. П. Лессовые породы Европейской части СССР / М. П. Лысенко. Л.: ЛГУ, 1967. – 192 с.
- Матинян Н. Н. Почвообразование на ленточных глинах озерно-ледниковых равнин северо-запада России / Н. Н. Матинян. – СПб.: Санкт-Петербургский университет, 2003. – 200 с.
- Почвообразующие породы и их роль в формировании почв БССР. – Минск, Изд. сельскохозяйственной литературы, 1962. – С. 36-55.
- Развитие ландшафтов и климата Северной Евразии. Поздний плейстоцен-голоцен. Элементы прогноза (ред. А. А. Величко). – М.: Наука, 1993. – 102 с.
- Розанов Б. Г. Почвенный покров Земного шара / Б. Г. Розанов. – М.: МГУ, 1977. – 247 с.
- Рубилина Н. Е. Особенности глинистого материала дерново-подзолистых почв на валдайской морене / Н. Е. Рубилина, Б. П. Градусов // Почвоведение. – 1974. – № 7. – С. 86-99.
- Самойлова Е. М. Почвообразующие породы / Е. М. Самойлова. – М.: МГУ, 1983. – 171 с.
- Тимофеев П. П. Почвенный литогенез и его роль в формировании осадочных пород / П. П. Тимофеев, Ю. Г. Цеховский, А. П. Феофилова // Литология и полезные ископаемые. – 1977. – № 4. – С. 18-37.
- Феофилова А. П. Глинистое вещество в породах и почвах каменноугольного возраста Донбасса / А. П. Феофилова, Б. П. Градусов // Литология и полезные ископаемые. – 1975. – № 3. – С. 90-98.
- Холодов В. Н. Глинистые минералы в чокракско-караганских отложениях Восточного Предкавказья / В. Н. Холодов, Б. П. Градусов, Н. П. Чижикина // Литология и полезные ископаемые. – 1976. – № 5. – С. 49-66.
- Холодов В. Н. Об эволюции питающих провинций в истории Земли / В. Н. Холодов // Проблемы литологии и геохимии осадочных пород и руд. К 75-летию Н. М. Страхова. – М.: Наука, 1975. – С. 191-209.
- Цеховский Ю. Г. Раннекайнозойское осадконакопление на древних и молодых платформах центральной части Евразии. Статья 2. Накопление силицитов и гидротермальная деятельность / Ю. Г. Цеховский, В. И. Муравьев, Н. Г. Музылев // Бюлл. Моск. Общества испытателей природы. Отд. Геология. – 1996. – Т. 71, вып. 3. – С. 31-40.
- Чижикина Н. П. Особенности минералогического состава почв лесостепи Зауралья / Н. П. Чижикина, В. Г. Граковский, Б. П. Градусов // Почвоведение. – 1982. – № 8. – С. 84-96.

Чижикова Н. П. Преобразование минералогического состава черноземов южных юго-запада Украины при орошении / Н. П. Чижикова, Б. П. Градусов, И. Н. Гоголев // Почвоведение. – 1992. – № 8. – С. 77-87.

Шоба С. А. Микроморфология поверхностно-переувлажненных почв на ленточных глинах / С. А. Шоба, В. Н. Бганцев, И. С. Урусевская, Н. Н. Матинян // Микроморфологическая диагностика почв и почвообразовательных процессов. – М., 1983. – С. 153-179.

Яковлев С. А. Основы геологии четвертичных отложений Русской равнины / С. А. Яковлев. – М. : Госгеолтехиздат, 1956. – 314 с.

Goryachkin S. V., Pfeifer E.-M. Soils and perrenial underground ice of glaciated and karst landscapes in northen European Russia. – М. : Institute Geography, 2005. – 69 p.

Надійшла до редколегії 12.10.10

ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТОРФОГРУНТОВ ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

Белорусский государственный университет

В статье проанализировано современное состояние техногенных ландшафтов выработанных торфяных месторождений Белорусского Полесья. Рассмотрена их территориальная структура. Приведен химический состав торфяных грунтов выработанных торфяников. Рассчитаны коэффициенты концентрации химических элементов в составе торфов. По ним была составлена геохимическая карта выработанных торфяников Белорусского Полесья. Выделено пять групп месторождений по содержанию тяжелых металлов в остаточных торфах.

Ключевые слова: торф, почва, торфяные месторождения, Белорусское Полесье.

М. К. Чертко, П. В. Жумарь, О. О. Карпиченко

Білоруський державний університет

ЛАНДШАФТНО-ГЕОХІМІЧНА ОЦІНКА ТОРФ'ЯНИХ ҐРУНТІВ ВІДПРАЦЬОВАНИХ РОДОВИЩ БІЛОРУСЬКОГО ПОЛІССЯ

В статті проаналізовано сучасний стан техногенних ландшафтів відпрацьованих родовищ Білоруського Полісся. Розглянута їхня територіальна структура. Приведено хімічний склад торф'яних ґрунтів відпрацьованих торфовищ. Розраховані коефіцієнти концентрації хімічних елементів в складі торфів. За ними була складена геохімічна мапа відпрацьованих торфовищ Білоруського Полісся. Виділено п'ять груп родовищ за вмістом важких металів в остатковому торфі.

Ключові слова: торф, ґрунт, торф'яні родовища, Білоруське Полісся.

M. K. Chartko, P. V. Zhoomar, A. A. Karpichenka

Belarusian State University

LANDSCAPE AND GEOCHEMICAL ASSESSMENT OF TURF GROUNDS OF WORKED-OUT TURF DEPOSITS OF BELARUSIAN POLESSYE

Contemporary state of technogenic landscapes of worked-out turf deposits of Belarusian Polessye is analyzed in the article. Their territorial structure is considered. Chemical composition of turf grounds is adduced. Concentration factors of chemical elements in turfs composition are calculated. Geochemical map of worked-out peatlands has been completed by them. There were defined five groups of deposits by contents of heavy metals in residual turfs.

Keywords: turf, soil, turf deposits, Belarusian Polessye.

Выработанные торфяные месторождения характеризуют вид ландшафта, который входит в горнопромышленную группу, сформировавшиеся в результате ведения работ по добыче полезных ископаемых и перемещению грунтов при строительстве, а также при складировании на земной поверхности промышленных и бытовых отходов (Жумарь, 2006). Подвиды техногенных ландшафтов предложено нами выделять в общем случае на основании специфики проявления характера техногенеза, в частности, по составу слагающего их материала. Поскольку торфяники представляют собой сложное природно-техногенное образование, то их дифференциация по подвидам должна производиться по дополнительным признакам, характеризующим состояние залежи, а также процессы, протекающие на месторождении в ходе добычи торфа и (или) после ее прекращения.

Состояние торфяной залежи характеризуется ее остаточной мощностью, степенью и режимом увлажнения, ботаническим составом и степенью разложения торфа, что дает возможность прогнозировать ее дальнейшую эволюцию. Эти критерии достаточно хорошо были разработаны С. М. Зайко и др. (Методические..., 1996),

И. И. Лиштваном и др. (Рекомендации..., 1982; Лиштван, 1989), Н. Н. Бамбаловым и В. А. Раковичем (Бамбалов, 2005).

При исследовании рассматривалось текущее использование месторождения (разрабатываемое, выработанное рекультивируемое / рекультивированное / нереккультивированное) с учетом направления рекультивации. Если рекультивированные или рекультивируемые месторождения предназначены для использования в сельском хозяйстве, то в зависимости от планируемой их функциональной специализации они подразделялись на пахотные, пастбищные, сенокосные, агроплантационные. Участки месторождений, отведенные под лесные земли, считаются лесоплантационными, если они используются под искусственные насаждения древесных культур. В случае утраты названными ландшафтами своих видовых морфологических признаков, их относят, соответственно, к сельскохозяйственной и лесохозяйственной группам. К этой же группе относятся все естественные леса на участках месторождений, не затронутых разработкой.

После завершения рекультивации выработанных участков под водоем они относятся к гидротехническим ландшафтам. При выполнении ими других функций (водорегулирования, водообеспечения, рыбохозяйственные, рекреационные), это следует отразить в названии.

Большая часть выработанных торфяников оказалась не вовлеченной в хозяйственную деятельность. Они отнесены к проблемным и явились объектом исследования. Обычно они зарастают болотно-луговой растительностью и кустарниками, в местах глубоких выемок торфа – превращаются во временные водоемы. Местами водная и ветровая эрозия, ускоренная минерализация торфа приводят к выходу на поверхность подстилающей песчано-супесчаной, суглинистой или сапропелевой породы.

Все исследованные выработанные торфяные месторождения Белорусского Полесья представлены маломощными торфяниками (0,5–1,2 м). На площади большинства из них выработка торфа закончилась 10–20 лет назад. Они своевременно не рекультивировались и поэтому саморенатурализируются в условиях пониженной влажности торфогрунтов, и в результате представляют собой заросли кустарников и сорной растительности.

В геохимическом отношении во всех выработанных торфяных месторождениях содержание химических элементов находится в пределах нормы или при незначительном отклонении от нее. Поэтому условия благоприятны для продуктивного развития природной и сельскохозяйственной растительности.

Рассмотрим территориальную структуру техногенных ландшафтов выработанных торфяных месторождений Брестского Полесья. С 1978 г. на указанной территории в разное время производилась добыча торфа на 118 месторождениях, фактические ресурсы которых на площади 242786 га насчитывали на 01.01.1989 г. запасы торфа 373350 тыс. т. За время с 1978 г. по 1989 г. в разрабатываемом фонде числилось 35464 га торфяников с запасами торфа 42357 тыс. т. За этот период было добыто 34519 тыс. т. торфа.

Как видно из диаграммы на рисунке 1, Столинский район за указанный период оказался лидером по объему добычи торфа (5851 тыс. т.). Высокими значениями данного показателя отличились также Пинский (5851), Ляховичский (4863) и Дрогичинский районы (4550 тыс. т.).

Большинство месторождений относятся к месторождениям полесского типа согласно классификации В. Е. Смеловского (Смеловский, 1988). Из 118 месторождений 81 является мелкозалежным. Они занимают 12,6 % от их площади, причем половина этой доли приходится на Березовский и Столинский районы, в Ляховичском районе их площадь минимальна – 103 га (Жумарь, 2008).

В таблице 1 приведены сведения о состоянии ландшафтов разрабатываемых и выработанных торфяников Брестского Полесья. В разрезе районов приведены сведения о площадях таких ландшафтов. В остальных графах приведены доли подвидов ландшафтов от площади вида в пределах каждого района.

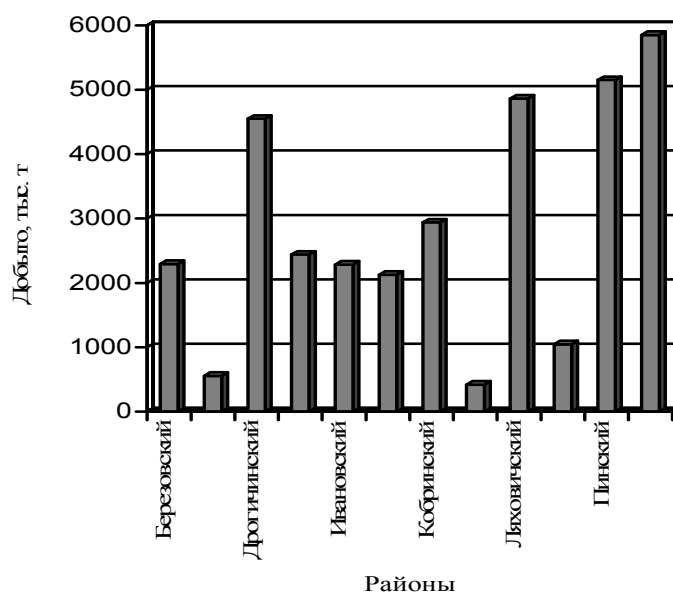


Рис. 1. Объем добычи торфа на месторождениях Брестского Полесья (1978–1989 гг.)

Как видно из таблицы 1, наиболее распространенным направлением рекультивации является аграрное. Оно преобладает практически во всех районах Брестского Полесья. Положительной чертой для некоторых районов (Ивановского, Кобринского и Дрогичинского) является высокая доля сенокосных подвидов в структуре ландшафтов, рекультивированных в аграрном направлении, поскольку именно сенокосное использование торфяных земель в наибольшей степени сохраняет органическое вещество в залежи (Рекомендации, 1982; Смеловский, 1988; Бамбалов, 2006). Наибольшая доля рекультивированных пахотных ландшафтов отмечается в Малоритском районе (17,8 %).

В целом, доля аграрно-рекультивированных ландшафтов варьирует от района к району в пределах от 0,3 % в Ляховичском районе до 75,5 % в Малоритском. Это обстоятельство обусловило необходимость разделить районы по данному показателю на три группы:

- с долей аграрно-рекультивированных земель более 40 %;
- с долей аграрно-рекультивированных земель от 20 до 40 %;
- с долей аграрно-рекультивированных земель менее 20 %.

К первой группе относятся Луинецкий, Малоритский, Кобринский, Ивановский и Дрогичинский районы, ко второй – Пинский, Ивацевичский, Березовский и Брестский, к третьей – Жабинковский, Столинский и Ляховичский районы.

Гидротехническая рекультивация ландшафтов Брестского Полесья составляет 0,97 % от выработанных торфяных площадей. Первое место по площади, рекультивированной под водоемы, занимает Луинецкий район, на который приходится более четверти всех искусственных водоемов региона, созданных на торфяниках (645 га). Второе место занимает Жабинковский район, где создан единственный в районе крупный водоем площадью 339 га на месте выработанного торфоучастка «Гатча». В процентном отношении от площади ландшафтов выработанных и разрабатываемых торфяников данный район занимает главенствующие позиции. Названный водоем занимает 6,9 % площади. Доля водоемов таких гидротехнических ландшафтов в Луинецком районе меньше (4,3 %), в Кобринском районе она минимальна – 0,1 % (17 га).

В квазиестественном состоянии находится более 6 % площади всех месторождений. На данных участках не производилась добыча торфа, но сказывались ее косвенные последствия (изменение гидрологического режима), к ним относятся также ренатуризованные территории, ландшафты которых ранее использовались, но в

Таблица 1

Структура подвидов ландшафтов выработанных и разрабатываемых торфяных месторождений Брестского Полесья

Район	Площадь ландшафтов, га	Рекультивированные ландшафты (направление рекультивации, % от площади ландшафтов района)					Нерекультивированные ландшафты, % от площади ландшафтов района		
		аграрное			гидротехническое	ландшафты квазистественные	ландшафты действующих полей добычи торфа		
		Всего	в т.ч.						
			пахотные	пастбищные				сенокосные	
Пинский	34994	29,2	–	–	1,74	0,63	5,49	0,86	
Столинский	56164	12,2	–	–	0,61	–	1,06	0,32	
Лунинецкий	14967	54,3	0,10	–	0,51	4,31	19,38	0,84	
Малоритский	4171	75,5	17,77	–	3,26	5,23	–	4,82	
Ивацевичский	22576	26,0	–	–	1,03	–	–	1,46	
Ляховичский	16427	0,3	–	–	0	–	–	0,13	
Кобринский	18898	46,6	–	0,19	3,29	0,09	15,37	2,53	
Ивановский	10498	49,9	–	–	16,71	2,49	25,31	1,59	
Жабинковский	4889	17,9	–	–	17,90	6,93	2,54	10,55	
Дрогичинский	11206	45,6	–	1,45	13,97	–	22,74	2,06	
Березовский	19705	20,3	7,17	1,65	–	–	–	17,32	
Брестский	2510	33,9	–	–	–	–	–	0,28	

настоящее время вернулись или возвращаются в естественное состояние, главным образом, в результате повторного заболачивания. Большая часть их находится в Кобринском (2905 га), Лунинецком (2901), Ивановском (2531) и Дрогичинском районах (2274 га). Их доли среди ландшафтов рассматриваемого вида также велики и составляют соответственно 15,4, 19,4, 25,3 и 22,7 %. Минимальной площадью естественных участков в Брестском Полесье отличается Жабинковский район (124 га), а наименьшей долей – Столинский (1,1 %).

На рисунке 2 отражено соотношение площадей, занимаемых действующими и выработанными участками месторождений по районам. Как видно из данного рисунка и таблицы, наибольшие значения обоих параметров характерны для Березовского района. Площадь ландшафтов действующих полей добычи торфа в данном районе равна 3413 га, что составляет 17,3 % от ландшафтов данного вида. Выработанные участки занимают 2877 га. В остальных районах площадь разрабатываемых участков не превышает 500 га, а площадь выработанных в большинстве районов варьируют в пределах от 500 до 1500 тыс. га. Наименьшие площади обоих подвидов отмечаются в Брестском районе и составляют для разрабатываемых ландшафтов 7 га, а для выработанных – 107 га.

В восточную часть Белорусского Полесья включены торфяники Солигорского района Минской области и полесские районы Гомельской области.

В Гомельской области насчитывается 1459 месторождений торфа с общими запасами 900 млн. т. (17,7 % всех запасов республики). На 1978 г. их общая площадь составляла 285824 га с общими запасами 496643 тыс. т. К 1990-м годам эти величины сократились и составили соответственно 280656 га и 467399 тыс. т.

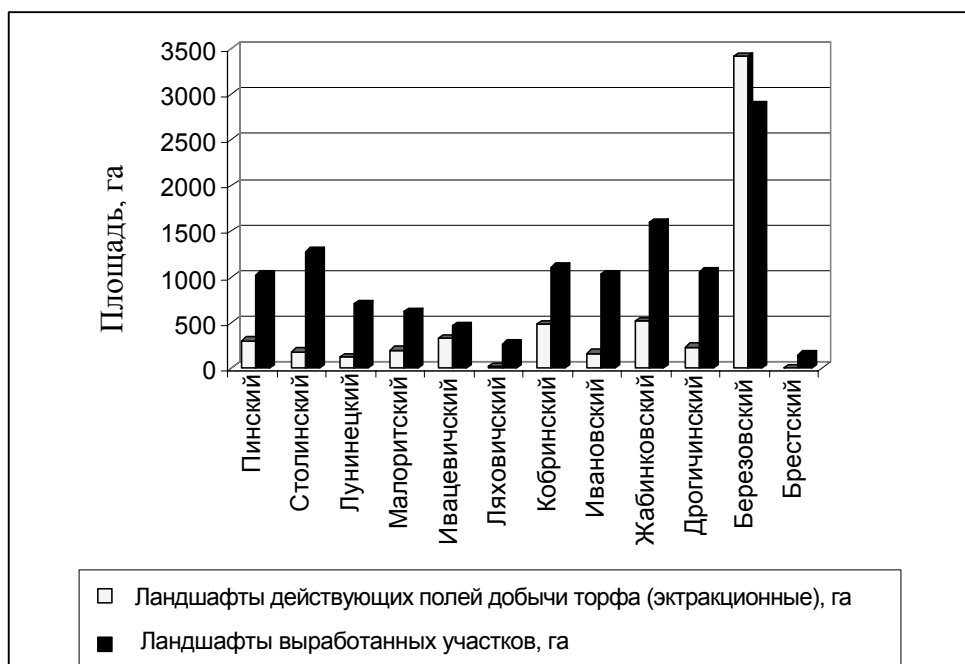


Рис. 2. Площади ландшафтов действующих и выработанных участков торфяных месторождений

На рассматриваемой территории насчитывается 289 месторождений торфа, где когда-либо проводилась или проводится в настоящее время добыча торфа, из них 19 являются мелкозалежными, из которых больше половины сосредоточены в Речицком и Светлогорском районах. Добыча торфа проводилась в разное время на 187 торфяных участках общей площадью 16243 га. Ситуация по районам приведена на рисунке 3.

Наибольшими площадями добычи отличались Гомельский (3705 га) и Калинковичский районы (3183 га). В наименьшей степени этим процессом оказались затронуты Мозырский и Наровлянский районы, на долю которых пришлось 60 и 70 га соответственно.

За период с 1978 г. по настоящее время ландшафты торфяных месторождений испытывали трансформацию, вызванную либо вмешательством человека в ход ландшафтообразующих процессов, либо естественную. Это способствовало формированию внутренних различий в ландшафтной структуре этих территорий. В первом случае они обусловлены деятельностью по рекультивации и постмелиоративному уходу, во втором – естественным ходом посттехногенных процессов.

В таблице 2 приведены сведения о состоянии ландшафтов разрабатываемых и выработанных торфяников, в разрезе районов – об их площадях, в остальных графах – доли подвидов ландшафтов от площади рассматриваемого вида в пределах каждого района.

В Гомельской (восточно-полесской) области, как и в Брестской (западно-полесской), основным направлением рекультивации является аграрное. Для большинства рассматриваемых районов характерно преобладание сенокосных видов ландшафтов. Их доля составляет 49,57 %. Наиболее широко они представлены в структуре ландшафтов выработанных торфяных месторождений Наровлянского, Ельского, Калинковичского районов, где они занимают 80–100 % от их площади. Исключение составляет Мозырский район, где доля сенокосных ландшафтов невысокая и составляет 6,19 %. В этом районе преобладает гидротехническая рекультивация. Под искусственными водоемами находится 92,64 % выработанных торфяников.

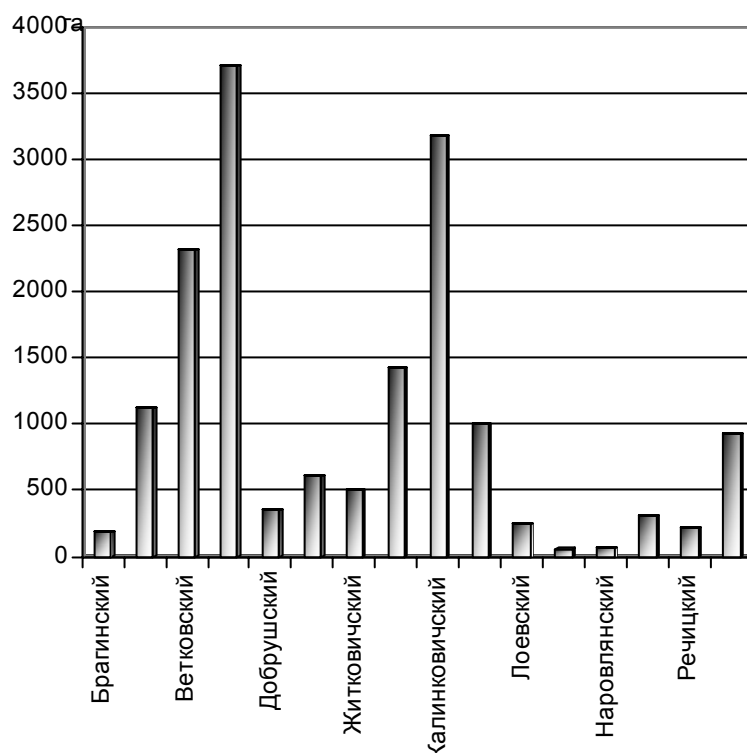


Рис. 3. Площади добычи торфа на месторождениях Гомельской области за период с 1978 по 1989 гг.

Пахотные ландшафты занимают второе место в структуре выработанных торфяных площадей, составляя в регионе 16,29 % выработанных участков, что позволяет считать их присутствие весьма значительным. Однако они имеют существенные

Таблица 2

Структура подвидов ландшафтов выработанных полесских торфяных месторождений Гомельской области

Район	Площадь ландшафтов, га	Рекультивированные ландшафты (направление рекультивации, % от площади ландшафтов района)						Нерекультивированные ландшафты, % от площади ландшафтов района	
		аграрное			гидротех- нические	ландшафты действующих полей добычи	ландшафты квазистестве- нные		
		Всего	в т.ч.						
			пахотные	пастбищные					сенокосные
Брагинский	40906	91,80	0,00	0,00	0,00	0,11	8,09		
Буда-Кошелевский	7169	47,86	1,84	2,39	0,00	7,64	44,50		
Ветковский	5309	22,32	1,22	0,00	0,00	4,80	72,88		
Гомельский	13200	64,19	0,85	1,33	0,76	0,82	34,23		
Добрушский	3054	48,20	0,00	0,00	0,00	9,56	42,24		
Ельский	11557	99,58	10,27	0,00	0,00	0,42	0,00		
Житковичский	12072	56,68	29,52	4,63	0,00	6,07	37,25		
Жлобинский	31929	95,53	41,51	1,74	1,25	3,21	0,00		
Калинковичский	45450	99,68	15,49	3,76	0,00	0,32	0,00		
Лельчицкий	48469	22,39	5,06	0,00	0,00	0,16	77,46		
Лоевский	3974	98,41	18,90	0,33	1,59	0,00	0,00		
Мозырский	19470	6,19	0,00	0,00	92,64	0,00	1,17		
Наровлянский	3204	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Петриковский	31425	99,87	30,04	9,18	0,00	0,13	0,00		
Речицкий	16869	96,12	35,07	3,60	3,88	0,00	0,00		
Светлогорский	54951	49,98	23,58	7,18	0,00	0,04	49,98		
Всего	349008	68,91	16,29	3,04	5,52	0,96	24,62		

внутрирегиональные различия. Наибольшей долей пахотных ландшафтов отличается Жлобинский район (41,51 %). В Житковичском, Петриковском и Речицком районах эта величина меньше и колеблется от 29,52 % до 35,07 %.

Среди ландшафтов, рекультивированных в аграрном направлении, пастбищные виды являются наименее представленными. Их насчитывается в регионе всего 3,04 %. Около половины из них сосредоточено в Петриковском и Светлогорском районах, составляя 9,18 % и 7,18 % соответственно. В большинстве районов они отсутствуют. Незначительный их процент, не превышающий 4,63 %, зафиксирован в Гомельском, Житковичском, Жлобинском, Калинковичском и Лоевском районах.

В целом доля аграрно-рекультивированных ландшафтов варьирует от района к району в пределах от 6,19 % в Мозырском районе до 100 % в Наровлянском. Столь широкий диапазон позволяет нам разбить их на три группы, как это было сделано для Брестского Полесья (Ландшафтные..., 2010). Однако, к группе с долей рекультивированных земель более 40 % относится подавляющее большинство районов. В группе с долей от 20 до 40 % входят только два района – Ветковский и Лельчицкий, а Мозырский район имеет таких ландшафтов менее 20 %. Таким образом, в Гомельской области видны существенные отличия по использованию аграрно-рекультивированных ландшафтов от полесских районов Брестской области, где соотношение районов в названных группах примерно равное.

По числу гидротехнически рекультивированных ландшафтов абсолютным лидером является Мозырский район (5,52 %). Основной вклад осуществляется за счет крупнейшего в регионе прудового хозяйства «Прамень Кастрычніка» площадью 17933 га, сформированного на месте выработанной торфяной залежи. В Гомельском, Жлобинском, Лоевском и Речицком районах процент рекультивации выработанных торфяников в гидротехническом направлении составляет 0,56–3,88 %.

Из таблицы 2 видно, что экстракционных ландшафтов в регионе менее 1 %. Соотношение площадей действующих полей добычи торфа по районам приведено на рисунке 4.

В регионе добыча ведется на площади 2138 га. Наибольшей масштабностью добычи отличаются Жлобинский (538 га) и Буда-Кошелевский районы (498 га), что суммарно составляет половину всех экстракционных площадей региона. Основные участки торфодобычи в Жлобинском районе приурочены к Мормальско-Стрешинской группе месторождений (торфоучастки «Мормаль», «Курган», «Доброгоща»), а в Буда-Кошелевском – к земельным отводам торфопредприятий «Большевик». В настоящее время снова вводятся в эксплуатацию торфоучастки «Никольское» и «Николаевка». В остальных районах суммарные площади торфодобычи варьируют от 23 га в Светлогорском районе до 255 га в Ветковском. В основном данные ландшафты представлены фрезерными полями, осушенными в свое время либо дренажем, либо открытой сетью. Карьерные выработки встречаются редко.

Около четверти площадей выработанных месторождений находится в квазиестественном состоянии. К ним относятся участки, где не производилась добыча торфа, но сказывались ее косвенные последствия (изменение гидрологического режима), а также ренатурализованные территории. Наибольшая их площадь в Ветковском и Лельчицком районах, где они занимают соответственно 72,88 % и 77,46 % от площади выработанных месторождений. В ряде районов они не занимают доминирующих позиций в ландшафтной структуре. К ним относятся Буда-Кошелевский, Гомельский, Добрушский, Житковичский и Светлогорский. Доля квазиестественных комплексов варьирует от 34,23 % до 49,98 %. В остальных районах она, как правило, не превышает 1 %.

В пределах Минской области к Полесью относятся только два района – Любанский и Солигорский. В последнем расположено единственное месторождение – Гричино-Старобинское. В ландшафтной структуре доля аграрно-рекультивированных ландшафтов невысока и составляет 16,87 %. В основном они представлены сенокосными видами. Под гидротехнической рекультивацией оказалось 30,74 % площади месторождения. Остальная часть территории пребывает в квазиестественном состоянии.

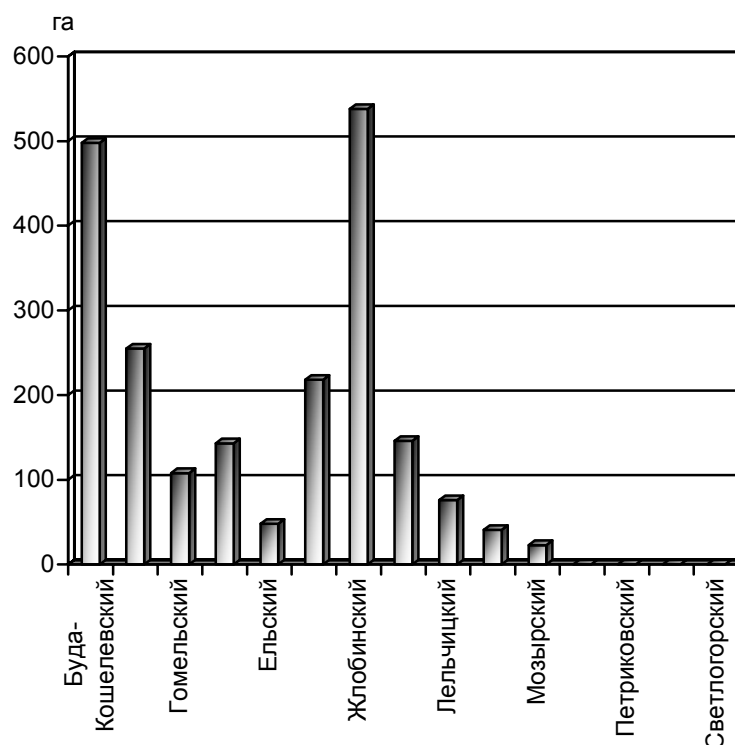


Рис. 4. Площади ландшафтов полей добычи торфа (1989–2008)

Рассмотрим ландшафтно-геохимические особенности проблемных выработанных торфяных месторождений в пределах Белорусского Полесья.

Химический состав торфов травяно-осоковых болот местами значительно отличается между собой. Содержание общего азота колеблется в пределах 1,75–3,51 % на абсолютно-сухое вещество, количество P_2O_5 – 0,23–0,44 %, K_2O – 0,03–0,10 %, CaO – 1,18–4,16 %, MgO – 0,02–0,13 %. По профилю торфяника не отмечено каких-либо закономерностей: может быть увеличение, уменьшение или постоянное содержание. Зольность торфа чаще колеблется в пределах 7,83–12,29 %. Плодородие таких почв велико и они представляют ценность для выращивания сельскохозяйственных культур.

Содержание золы в торфяниках низинных болот относительно высокое и зависит от ботанического состава торфа. Больше золы содержит древесный торф (8,0–14,0 %), тростниковый – меньше (7,0–11,0 %), осоковый и гипново-осоковый – еще меньше (5,0–8,0 %). Зольность переходных торфов 4,0–6,0 %, верховых – 2,5–5,0 %.

В составе золы низинных торфов содержание макроэлементов следующее, %: SiO_2 – 11,0–33,0, Fe_2O_3 – 9,0–25,0, Al_2O_3 – 1,2–8,0, CaO – 27,0–54,0, MgO – 2,0–5,0, SO_3 – 4,0–10,0.

Торф низинных и переходных болот содержит углерода и азота больше, а кислорода меньше, чем верховой торф. Верховой торф более обогащен углеродом по мере увеличения степени разложения торфа и при снижении содержания кислорода.

Среднее содержание исследуемых элементов (Cu, Pb, Mn, Ni, Sn, Cr, Ti) в золе остаточного торфа выработанных месторождений Белорусского Полесья и вычисленное фоновое содержание приведено в таблице 3. Содержание микроэлементов в торфе зависит от генезиса и минералогического состава подстилающих минеральных пород, ботанического состава торфа, его зольности, наносов минеральных включений, новообразований (карбонатов, вивианита и др.) (Чертко, 2009). В среднем, торфяные почвы высоко- и среднеобеспечены подвижными формами B, Mn, Zn и слабо – Co, Cu, Mo.

Таблица 3

Среднее содержание исследуемых элементов в остаточном торфе выработанных месторождений Белорусского Полесья

Месторождение	Административный район	Содержание в золе торфа, мг/кг						
		Cu	Pb	Mn	Ni	Sn	Cr	Ti
Гричино-Старобинское	Солигорский	22,9	14,4	1276	18,1	7,8	27,4	2305
Мормаль-Стрешинская группа	Жлобинский	20,8	23,5	585	7,9	2,2	22,7	2124
Селищенское	Пинский	39,7	41,3	547	11,8	5,9	58,3	2458
Петрова Поляна	Ганцевичский	28,7	34,1	356	5,3	3,0	27,4	1845
Галь	Ганцевичский	45,6	144,6	619	6,2	10,3	34,8	2352
Людвиновское	Дрогичинский	27,0	22,0	215	3,3	1,2	26,5	1999
Лихой Остров	Лунинецкий	12,9	20,0	361	5,8	2,8	39,9	3107
Галя 2	Кобринский	23,1	29,9	417	3,8	6,1	46,5	1730
Огдемер	Дрогичинский / Ивановский	22,4	63,1	1349	12,5	13,6	22,6	958
Домашице	Пинский	210,6	133,7	2269	10,8	18,7	32,6	1792
Ель	Кобринский	27,7	24,6	927	22,8	5,3	24,9	1160
Чайково-Гнилинка	Березовский	31,6	35,0	696	7,3	9,0	19,7	983
Гатча-Осовское	Жабинский	39,3	105,3	661	22,9	18,4	25,0	1232
Глинка (Морочно)	Столинский	33,9	72,9	335	26,2	10,8	64,1	3430
Грады	Ганцевичский	43,8	28,3	758	12,2	7,5	28,9	869
Булев Мох	Житковичский	37,2	65,9	477	10,9	14,7	35,7	1821
Нересня	Лельчицкий	24,9	14,0	342	7,5	4,3	58,8	4893
Челюшевичи	Петриковский	29,0	24,8	541	8,0	4,9	30,9	983
Загуменье	Петриковский	99,2	33,6	1273	43,4	26,4	54,5	2675
Пойма р. Иппа (Корма)	Октябрьский	124,3	30,9	2127	38,3	25,2	49,0	1952
Фоновое содержание для выработанных торфяных месторождений Белорусского Полесья		42	50	762	14	10	34	1896

Установлена значительная вариация содержания тяжелых металлов в торфе, наблюдаемая даже в пределах одного месторождения, коэффициенты вариации колеблются от 46 % (Cr) до 119 % (Cu).

Для подстилающих пород в среднем характерно меньшее содержание тяжелых металлов, чем для золы торфа (в подстилающих породах в 2,4 раза меньше для Mn, в 3 раза – для Cu, в 4 раза – для Pb, в 4,4 раза – для Ni, в 6,2 – для Sn). Исключение составляют Cr и Ti, содержание которых в золе торфа и подстилающей породе примерно одинаково.

Для составления геохимической карты выработанных торфяников Белорусского Полесья, приведенной на рисунке 5, использовались геохимические индексы, составленные по коэффициентам концентрации (K_k), которые вычислялись по формуле:

$$K_k = C_i / C_{\phi}$$

где C_i – содержание химического элемента в золе торфа,

C_{ϕ} – фоновое содержание в золе торфа.

Поскольку распределение химических элементов подчиняется закону нормального распределения, то средняя величина содержания химического элемента принята нами в качестве фоновой для оценки геохимического состояния торфяников.

Геохимический индекс торфоразработки записывается в виде дроби, в числителе которой в порядке убывания указываются химические элементы со значениями коэффициентов концентрации более 1,0, в знаменателе – менее 1,0, перед дробью – с равным 1. К примеру, геохимический индекс для месторождения «Здитово» выглядит следующим образом:

$$\frac{Ni(1,0) \quad Sn(2,2)}{Pb, Mn(0,8), Cu(0,6), Cr, Ti(0,4)}$$

По содержанию тяжелых металлов в остаточном торфе исследуемые месторождения можно разделить на пять групп:

1) Месторождения и торфоучастки с содержанием всех ТМ равного или ниже фоновое для Белорусского Полесья: Дворище, Петрова Поляна, Челющевичи, Курган.

2) Месторождения и торфоучастки, для которых отмечено превышением фона для одного элемента, остальные ТМ содержатся в количествах близкого или ниже фоновое: Галя 2, с содержанием Cr выше фоновое значения, Здитово (Sn), Людвинское (Pb), Грады (Cu), Доброгоса (Ti).

3) Месторождения и торфоучастки с превышением фоновое по двум элементам – Cr, Ti: географически близким торфоучасткам Парохонский, Лихой Остров, а также для торфоучастка Нересня (Лельчицкий район), что может быть связано с составом подстилающих пород.

4) Месторождения и торфоучастки, для которых характерно превышение фона по 2–4 элементам: Гатча-Осовское (выше фона содержится Pb, Sn, Ni), Огдемер (Mn, Sn, Pb), Городная (Pb, Cr, Ni), Домашице (Cu, Mn, Pb, Sn), Зубково (Ti, Ni, Cr, Sn), Гричино-Старобинское (Mn, Ni, Ti), Булев Мох (Sn, Pb, Cr).

5) Месторождения и торфоучастки с превышением фоновое по большинству исследуемых элементов: Глинка-запад (Pb, Ni, Cr, Ti, Sn), Дуброва и Курган (превышение по всем элементам за исключением Pb).

Наибольшим накоплением широкого спектра ТМ характеризуются торфоучастки Дуброва и Корма, для которых установлено более чем двукратное превышение фона для Ni, Cu, Sn, полуторакратное – для Mn, Cr, что может быть связано с повышенной зольностью. Меньше среднего значения накапливается только свинец, что подтверждает тезис В. Н. Крештаповой о преимущественном накоплении свинца в верховых торфяниках (Крештапова, 1991), что отмечается для торфоучастка Глинка-запад, кроме того, подстиление плотными суглинистыми породами обусловило накопление других ТМ. Наибольшее превышение фона по Cu отмечено для месторождения Домашице (т/у Молотковичи) – в пять раз, также превышено фоновое содержание по Mn, Pb, Sn.

В природных условиях характерны парагенные ассоциации между химическими элементами, связанные с условиями формирования объектов исследования. В связи с этим нами рассмотрена корреляция между химическими элементами в золе остаточ-

ного торфа выработанных торфяных месторождений. Установлена сильная достоверная корреляционная связь ($r_{0,95}=0,76$) между Сг и Тi, график зависимости с формулой линейной регрессии показан на рисунке 6.

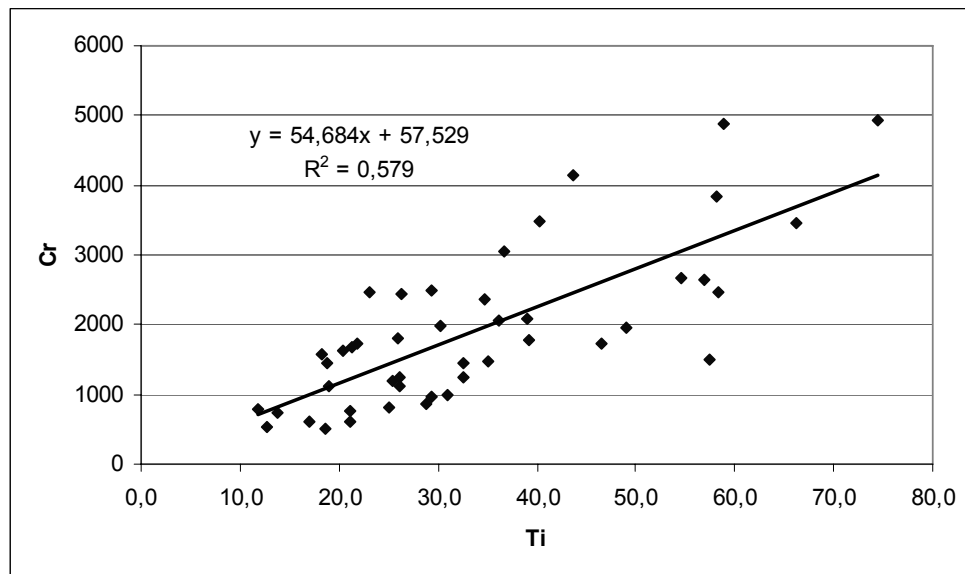


Рис. 6. График корреляционной связи между содержанием Сг и Тi в золе торфа выработанных торфяных месторождений

Средняя сила связи отмечена для Sn и Ni ($r_{0,95}=0,66$) и Sn и Pb ($r_{0,95}=0,60$), графическое отображение данных зависимостей показано на рисунках 7 и 8 соответственно. Между остальными парами элементов корреляция либо отсутствует, либо недостоверна.

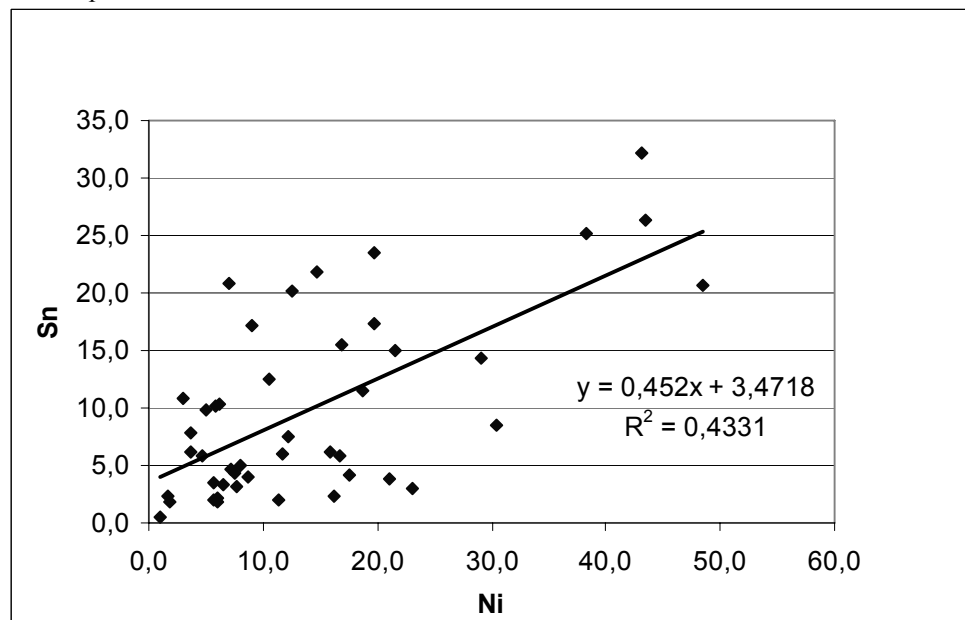
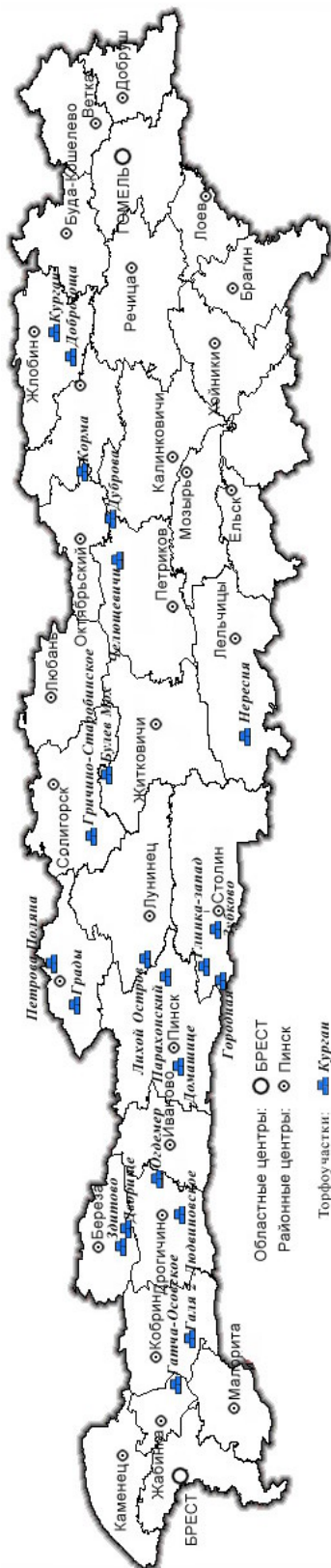


Рис. 7. График корреляционной связи между содержанием Sn и Ni в золе торфа выработанных торфяных месторождений



Гатча-Осовское	$Pb(2,1), Sn(1,9), Ni(1,6)$	; Галя 2	$Cr(1,4)$	$Ti(0,9), Cu, Pb, Sn(0,6), Mn(0,5), Ni(0,3)$	$Ni(1,0)$	$Pb, Mn(0,8), Cu(0,6), Cr, Ti(0,4)$	$Sn(2,2)$
Дворщице	—						
Огдемь	$Mn(0,7), Cr, Ti(0,6), Pb, Sn(0,5), Ni(0,4), Cu(0,3)$						
Огдемь	$Mn(1,8), Sn(1,4), Pb(1,3)$	; Домашнице	$Cr(1,0)$	$Cu(5,1), Mn(3,0), Pb(2,7), Sn(1,9)$	Парохонский	$Cu(1,0)$	$Cr(1,7), Ti(1,3)$
	$Ni(0,9), Cr(0,7), Cu, Ti(0,5)$						$Pb, Ni(0,8), Mn(0,7), Sn(0,6)$
Грады	$Mn(1,0)$		$Cu(1,1)$				
Лихой Остров	$Ni, Cr(0,9), Sn(0,8), Pb(0,6), Ti(0,5)$						
	$Ti(1,6), Cr(1,2)$						
	$Mn(0,5), Pb, Ni(0,4), Cu, Sn(0,3)$						
Зубово	$Ti(2,3), Ni(2,1), Cr(2,0), Sn(1,2)$	; Гричино-Старобинское	$Mn(1,7), Ni(1,3), Ti(1,2)$		Булев Мох	$Ti(1,0)$	$Ti(0,8), Cu(0,7), Sn(0,6), Mn(0,3)$
	$Cu(0,8), Pb(0,7), Mn(0,4)$						$Sn(1,5), Pb(1,3), Cr(1,1)$
Нересня							$Cu(0,9), Ni(0,8), Mn(0,6)$
	$Cu(0,6), Ni(0,5), Mn, Sn(0,4), Pb(0,3)$						
Дуброва	$Ni(3,1), Sn(2,7), Cu(2,4), Mn(1,7), Cr(1,6), Ti(1,4)$	; Корма	$Ti(1,0)$				$Cr(0,9), Cu, Mn(0,7), Ni(0,6), Pb, Sn, Ti(0,5)$
	$Pb(0,7)$						$Cu(3,0), Mn(2,8), Ni(2,7), Sn(2,6), Cr(1,5)$
Доброгора	$Mn(0,9), Cr(0,7), Ni(0,6), Cu(0,5), Pb(0,3), Sn(0,2)$						$Pb(0,6)$

Рис. 5. Геохимическая карта выработанных торфяников Белорусского Полесья

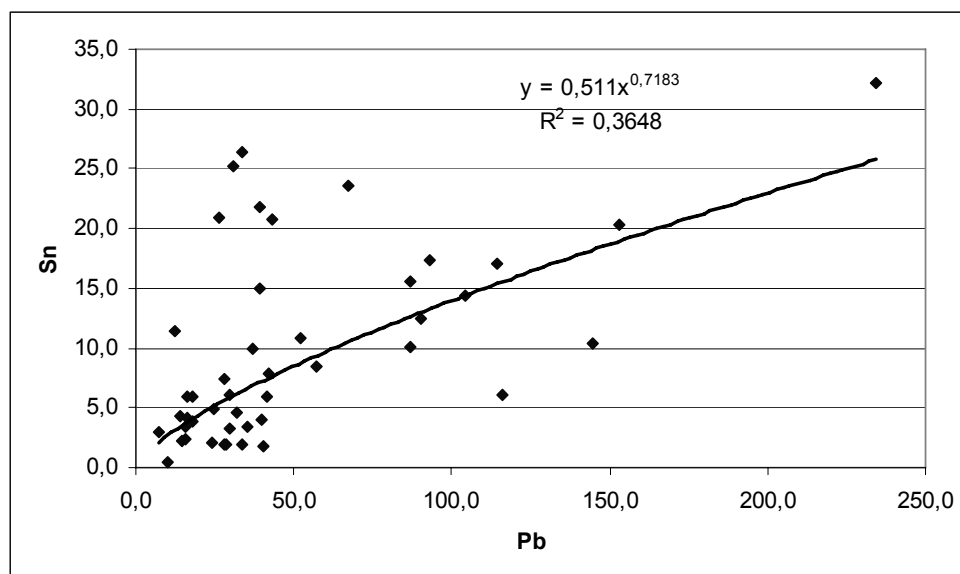


Рис. 8. График корреляционной связи между содержанием Сг и Тi в золе торфа выработанных торфяных месторождений

ВЫВОДЫ

Выявлен химический состав остаточного торфа и подстиляющих пород выработанных торфяников Полесья. Установлена значительная вариация содержания тяжелых металлов в торфе, наблюдаемая даже в пределах одного месторождения, коэффициенты вариации колеблются от 46 % (Сг) до 119 % (Сu). Для подстиляющих пород в среднем характерно меньшее содержание тяжелых металлов, чем для золы торфа (в подстиляющих породах в 2,4 раза для Мп, в 3 раза – для Сu, в 4 раза – для Рb, в 4,4 – раза для Ni, в 6,2 – для Sn). Исключение составляют Сг и Тi, содержание которых в золе торфа и подстиляющей породе примерно одинаково. Среднее содержание исследуемых элементов в золе торфа выработанных торфяных месторождений составляет: Сu – 42 мг/кг, Рb – 50, Мп – 762, Ni – 14, Sn – 10, Сг – 34, Тi – 1896 мг/кг.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Жумарь П. В.** Техногенные ландшафты и их классификация / П. В. Жумарь; под ред. Н. К. Чертко. – Минск : Змицер Колас, 2006. – 40 с.
- Методические указания** по ведению мониторинга осушенных земель в Республике Беларусь / Сост. : С. М. Зайко [и др.]; науч. ред. : проф. В. С. Аношко. – Минск : БГУ, 1996. – 53 с.
- Рекомендации** по рациональному использованию торфяных месторождений и запасов торфа в Белорусской ССР / Под ред. И. И. Лиштвана. – Минск : Наука и техника, 1982. – 42 с.
- Лиштван И. И.** Физические процессы в торфяных залежах / И. И. Лиштван, Е. Т. Базин, В. И. Косов. – Минск : Наука и техника, 1989. – 283 с.
- Бамбалов Н. Н.** Роль болот в биосфере / Н. Н. Бамбалов, В. А. Ракович. – Минск : Бел. наука, 2005. – 286 с.
- Смеловский В. Е.** Выработанные торфяные месторождения и их использование / В. Е. Смеловский; под ред. С. Г. Скоропанова. – Минск : Наука и техника, 1988. – 151 с.
- Жумарь П. В.** Ландшафтно-геохимические особенности выработанных торфяных месторождений Брестского Полесья / П. В. Жумарь, А. А. Карпиченко, Н. К. Чертко // Геоэкологические проблемы современности : Докл. 2-ой Междунар. науч. конф., Владимир, 18–20 сентября 2008 г. / Владимир. гос. гуманитар. ун-т. – Владимир, 2008. – С. 72–74.
- Бамбалов Н. Н.** Деградация осушенных болот центральной части Беларуси / Н. Н. Бамбалов, С. П. Марчук // Торф в решении проблем энергетики, сельского хозяйства и экологии : материалы междунар. конф., 29 мая – 2 июня 2006 г., Минск, Республика Беларусь / Нац. акад.

наук Беларуси, Ин-т проблем использования природ. ресурсов и экологии, Междунар. торфяное о-во и др.; под. ред. Н. Н. Бамабалова. – Минск : Тонпик, 2006. – С. 89-92.

Чертко Н. К. Ландшафтно-геохимические особенности выработанных торфяных месторождений Белорусского Полесья / Н. К. Чертко, П. В. Жумарь, А. А. Карпиченко // Почва–удобрение–плодородие–урожай: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию Иванова С. Н., 90-летию Кулаковской Т. Н., Минск, 16-18 февраля 2009 г. / Институт почвоведения и агрохимии; редкол: В.В. Лапа [и др.] – Минск, 2009. – С. 111-113.

Крештапова В. Н. Агрогеохимия торфяных почв Нечерноземной зоны Европейской части РСФСР: автореф. дис. ... д. с.-х. наук / В. Н. Крештапова; Ин-т почвоведения им. В. В. Докучаева – М., 1991. – 45 с.

Надійшла до редколегії 07.12.10

ҐРУНТ ЯК СИСТЕМА ФАКТОРІВ І РЕСУРСІВ ЕКОЛОГІЧНИХ НІШ БІОЛОГІЧНИХ ВИДІВ

Криворізький державний педагогічний університет

Ґрунти є біокосні екологічно поліфункціональні тіла біогеоценозів. Їхні стани, фізико-хімічні, біологічні особливості та властивості суттєво важливі як факторіально-ресурсна основа екологічних ніш біологічних видів.

Ключові слова: біокосні тіла, біогеоценози, екологічна ніша, фактори, ресурси, едафотоп, едафон, трофотоп.

В. И. Шанда, Э. А. Евтушенко, Л. В. Шанда

Криворожский государственный педагогический университет

ПОЧВА КАК СИСТЕМА ФАКТОРОВ И РЕСУРСОВ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ НИШ БИОЛОГИЧЕСКИХ ВИДОВ

Почвы являются биокосными экологически полифункциональными телами биогеоценозов. Их состояния, физико-химические, биологические особенности и свойства существенно важны в качестве факториально-ресурсной основы экологических ниш биологических видов.

Ключевые слова: биокосные тела, биогеоценозы, экологическая ниша, факторы, ресурсы, эдафотоп, эдафон, трофотоп.

V. I. Shanda, E. O. Yevtushenko, L. V. Shanda

Kryvyi Rih State Pedagogical University

SOIL AS A SYSTEM OF FACTORS AND RESOURCES OF ECOLOGICAL NICHES OF SPECIES

Soils are biokosni ecologically polyfunctional bodies of biogeocenosis. Their conditions, physical, chemical, and biological features are significantly important properties as resource-factorial basis of ecological niches of species

Keywords: biokosni bodies, ecosystems, ecological niche, factors, resources, edaphotope, edaphone, trophotope.

Цілісні уявлення про факторіально-ресурсну значущість в екологічних нішах біологічних видів таких біокосних тіл, як приземна атмосфера та ґрунт, поки що є достатньо розмитими. Екологічна поліфункціональність ґрунтів (Зонн, 1964; Ковда, 1973; Карпачевский, 1983, 1993; Белова, 1999), які уособлюють історію біогеоценозів і є невизначено великою множиною факторів і ресурсів, у цьому напрямку майже не обговорювалася, тому що в теорії екологічних ніш та в основних спробах їхнього аналізу чи моделювання має місце певна зацикленість на негативних, головним чином конкурентних відносинах екологічно близьких видів, переважно тваринних.

Мета нашого дослідження – на основі загальнонаукової методології біогеоценології, елементно-компонентного аналізу, екстраполяцій, аналогій уточнити екологічну роль ґрунтів як системи факторів і ресурсів екологічних ніш біологічних видів, визначити функціональну сутність ґрунту у формуванні біокосної активності видів, деталізувати поняття трофотопу як основного ресурсу біогеоценозу.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У біогеоценозах суші ґрунт покриває всі поля існування, життєдіяльності, адаптаціогенезу, розвитку та еволюції біологічних видів. У теорії екологічної ніші поняття «вид» поки що звужене, без урахування великого різноманіття органічного світу, крім того, вид розглядається як ціле, а не як множинність його складових на основі екологічного поліморфізму та генетичної гетерогенності. Загальна функціональна неспецифічність дозволяє поєднувати у функціональні групи організми як одного,

так і різних царств живої природи. Групи продуцентів, і особливо консументів і біоредуцентів, сутнісно відрізняються за своєю природою, та відповідними є розбіжності їхніх екологічних ніш і взаємовідносини всередині цих груп і між ними. Види, що складають едафон, тобто біоту ґрунту, таксономічно й екологічно є віддаленими, тому обговорювати та порівнювати їхні екологічні ніші (бактерій, найпростіших, водоростей, нематод, дощових черв'яків, членистоногих, інших представників різних царств живої природи) є досить складно. В екологію едафону можна екстраполювати з паразитології (Догель, 1947) уявлення про два рівні середовищ: для едафону першим середовищем є ґрунт, а другим – загальне середовище біогеоценозу, що його суттєво регулює. Біота ґрунту певним чином ізольована від наземного середовища, проте достатньо від нього залежить. Наземні організми прямо чи опосередковано пов'язані з ґрунтом, який визначає для них, як і для едафону, життєво важливі фактори та ресурси їхніх екологічних ніш. Екологічна ніша може бути представлена рядом неальтернативних визначень (Шанда, 2009), які окреслюють усі аспекти її об'єктивної багатогранності, а саме: 1) комплекс явищ, процесів, який складається в екосистемі за участю виду, забезпечує йому певні межі для реалізації екологічного та генетичного потенціалів, описується рядом мінливих станів, у яких здатний утримуватися вид, і має вираз у гомологічних рядах ситуацій, залежних від сезонної та річної динаміки угруповання; 2) сукупність перемінних величин, градієнтів екологічних факторів і ресурсів, яка інтегрується на основі своїх взаємодій, середовищевірної та саморегульованої діяльності виду; 3) реалізовані потенції виду в певному екоотпі з усіма можливостями різного суміщення, синергізму, антагонізму, заміщення, нейтралізму факторів і ресурсів, які потребує вид; 4) максимально можливий об'єм екологічного простору угруповання, що може займати, проте не завжди цього досягає вид, унаслідок блокування його розвитку іншими видами, абіотичним, біокосним середовищем.

Екологічна ніша є об'єктивним явищем існування, функціонування та розвитку будь-якого виду в межах певного біогеоценозу. Вона може характеризуватися як процес, тому що є динамічною сукупністю ендотичних та екзогенних (цено- та позацинотичних явищ і процесів), середовиществорення та середовищекористування виду.

Екологічно та онтогенетично обумовлена активність виду в кожний момент його існування визначає інтеграцію як особливе складання потреб у ресурсах і факторах, як нову якість вимог та головне – об'єми та темпи такого сприймання відповідно до різних факторів та споживання залежно від наявних ресурсів.

Середовищевірні функції біологічних видів як прояви різних форм їхньої активності: 1) абіотичної (вплив на абіотичні умови); 2) біотичної (вплив на живі організми); 3) біокосної (вплив на приземну атмосферу та ґрунти) – складно поєднуються в системі біогеоценозу на основі його екоотпічних і біоценотичних факторів і ресурсів.

У загальному розумінні ресурси – це тіла неживої та живої природи, їхні біогенні та біокосні похідні, хімічні елементи та сполуки, що визначають склад організмів, енергія (фізичні поля, випромінювання), які залучаються в процеси життєдіяльності, а також простір, час, котрі забезпечують існування та еволюцію організмів.

Фактори як поняття, що характеризує певні різнопричинні сили існування організмів, як підпорядкованих можуть включати ресурси, тобто те, що споживається, використовується як елементи побудови тіла та забезпечення потреб активності. Проте не всі фактори та ресурси, як явища та процеси, можуть не бути полями прямих або опосередкованих взаємодій організмів (фізичні поля, рівень сонячної активності, радіаційний фон, температура, хімізм середовища тощо), але впливати на їхнє формування та розвиток.

Факторіально-ресурсний об'єм угруповання організмів є сутністю, у якій інтегруються абіотичні, біокосні, біотичні (як активність видів) фактори та ресурси.

Будь-який біологічний вид в угрупованні забезпечується специфічним факторіальним, ресурсним об'ємом, виділом (ценотичною часткою, яка визначає вихідні умови його існування) та своєю активністю, що може розширювати або звужувати цей об'єм за рахунок специфічного видового середовиществорення. Відповідно до специфічної природи та активності того чи іншого виду в біогеоценозі складаються

певні рівні його забезпеченості факторами й ресурсами та їхнього сприймання, споживання, використання.

Специфічні та неспецифічні потреби різних видів у їхньому взаємообумовленому існуванні узгоджуються при різномірному використанні необмежених, обмежених і формованих видами ресурсів і факторів.

Середовище біогеоценозу формується видоспецифічною діяльністю організмів і видоспецифічно використовується кожним організмом. На фоні спільності абіотичних (кліматичних, геологічних, гідрологічних) умов біотичне (сукупність організмів і мережа їхніх зв'язків) і біокосне (видозмінені біоценозом такі природні тіла, як ґрунт і приземна атмосфера) середовища біогеоценозу є специфічними.

Біокосна активність біологічного виду виявляється в процесі життя, посмертного розкладання та мінералізації решток. Мінералізація має розглядатися як віддача у середовище видоспецифічно вибірково поглинутих хімічних елементів і їхніх ізотопів, що дозволяє живим організмам цього ж виду, а також організмам інших видів поглинати їх, залучати в біогеохімічні міграції та цикли.

Фізико-хімічні, механічні, біологічні особливості ґрунтів, їхні властивості та стани складають факторіально-ресурсну основу екологічних ніш едафону та наземної біоти в усій єдності їхніх взаємозв'язків і взаємозалежностей, які важко розчленувати. Уявлення про трофічні ресурси та забезпечуючі їх фактори в свій час знайшли відображення в поглядах О. Л. Бельгарда (1950) на ґрунт (едафотоп) як певну єдність трофотопу та гігротопу, що виражає міру родючості ґрунту та дозволила йому будувати типологічні схеми лісових біогеоценозів. Це спрощення, як методологічний засіб, було подолане на основі принципу деталізації компонентів лісового біогеоценозу А. П. Травлєєва (1973). Трофотоп широко розуміється як сукупність трофічних ресурсів, які формуються в аеротопі та едафотопі, тобто складових усієї біогеоценотичної системи (Шанда Л. В., 2006).

Трофічні ресурси ґрунту складають: 1) елементи косних і біокосних тіл; 2) живі організми як об'єкти хижацтва; 3) рештки організмів, як об'єкти сапро-, некро-, копрофагії; 4) продукти розкладання організмів і мінералізації їхніх решток; 5) прижиттєві екзометаболіти, які потрапляють у середовище внаслідок секреції, екскреції, рекреції рослин на поверхні землі; 6) речовини, що вимиваються з надземних органів рослин і рослинних решток на поверхні ґрунту; 7) продуктовані в ґрунті речовини різної природи, у тому числі біологічно активні, антибіотики від функціонування чи розкладання бактерій, найпростіших, водоростей, грибів, рослинних і тваринних організмів; 8) хімічні елементи та їхні сполуки N, P, S, K, Ca, Mg, Si, Na, Cl, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, Co, B тощо. Фактори та ресурси ґрунтів як забезпечуючі екологічні ніші біологічних видів біогеоценозів відзначаються такими ознаками, як різномірне природна специфічність, природна індивідуалізованість, подільність, тривалість існування. Як ознаки можна виділити різні їхні стани, взаємообумовленість, зовнішньо- та внутрішньо-едафічна багатообумовленість, динамічність, розвиток і, у багатьох випадках, самовідтворення та саморегулювання. Усі ці явища та процеси значною мірою формуються та розвиваються на основі едафону (мікро-, мезо-, макробіоти, що включають організми різних царств живої природи), за Ю. Одумом (1986).

Екологічні ніші організмів едафону як фаготрофів на ресурсно-факторіальній основі формуються в складних явищах і процесах фіто-, зоо-, міко-, сапро-, копро-, некрофагії з різними специфічними виразами, взаємними та однобічними формами антибіозу, симбіозу, нейтралізму та різкою трофічною спеціалізацією.

Антибіотичні взаємовідносини різних мікроорганізмів ґрунту (Красильников, 1958), їхні зв'язки з іншими організмами, хижацтво, канібалізм, паразитизм у найпростіших (Хаусман, 1988), подібні явища та процеси в багатьох групах організмів (Рассел, 1955) утворюють вихідні ланки складних, детритних ланцюгів і сіток, які започатковуються органічною речовиною ґрунту (гумусом). К. С. Кір'янова та Е. Л. Краль (1969) детально описали природних ворогів паразитів і хижаків нематод ґрунту. Сюди були віднесені віруси, амеби, інфузорії, слизовики, тихоходки, хижі нематоди, енхітреїди, ногохвістки, сколопендри, членистоногі, у тому числі хижі

кліщі, багатоніжки, паразитичні та хижі гриби тощо. Штучне внесення в ґрунт препаратів хижих грибів сутнісно знижувало шкідливість нематод.

Загалом, трофотоп біогеоценозу має свою складну сітьову структуру, що проявляється в ґрунті та в наземній частині. Едафотопу належить визначальна роль в існуванні, біологічній продуктивності та розвитку біогеоценозів, у першу чергу рослинних угруповань. Факторіально-ресурсний об'єм біогеоценозів сутнісно підкріплюється особливостями та властивостями едафотопів, забезпечуючи екологічні ніші організмів усіх царств живої природи.

ВИСНОВКИ

1. Ґрунти є біокосними поліфункціональними тілами біогеоценозів, які сутнісно важливі для екологічних ніш біологічних видів як їхня факторіально-ресурсна база.

2. У ґрунті, як і в наземному середовищі біогеоценозу, виявляється біокосна активність біологічних видів (у процесі життя, посмертного розкладання та мінералізації їхніх решток) як складова екологічних ніш.

3. Трофотоп біогеоценозу формується в явищах і процесах складних трофічних ланцюгів і сіток пасовищного та детритного типу з багатьма виразами фаготрофії, паразитизму та антибіозу взагалі.

4. Методологічні засади аналізу ґрунту як системи факторів і ресурсів екологічних ніш біологічних видів розкривають нові поля бачення, напрямки, способи декомпозиції реальних, уявних чи модельованих екосистем різного типу або трансформації та слугуватимуть теоретичним підґрунтям розробки дослідницьких, моніторингових, прогнозних методик у сучасному ґрунтознавстві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Белова Н. А. Естественные леса и степные почвы / Н. А. Белова, А. П. Травлев. – Д. : ДНУ, 1999. – 348 с.
- Бельгард А. Л. Лесная растительность юго-востока УССР / А. Л. Бельгард. – К. : КГУ, 1950. – 264 с.
- Догель В. А. Курс общей паразитологии / В. А. Догель. – Л. : Учпедгиз, 1947. – 372 с.
- Зонн С. В. Почва как компонент лесного биогеноценоза / С. В. Зонн // Основы лесной биогеноценологии. – М. : Наука, 1964. – С. 322-457.
- Карпачевский Л. О. Зеркало ландшафта / Л. О. Карпачевский. – М. : Мысль, 1983. – 156 с.
- Карпачевский Л. О. Экологическое почвоведение / Л. О. Карпачевский. – М. : МГУ, 1993. – 184 с.
- Кириянова Е. С. Паразитические нематоды растений и методы борьбы с ними / Е. С. Кириянова, Э. Краль. – Л. : Наука, 1969. – Т. 1. – 443 с.
- Ковда В. А. Основы учения о почвах / В. А. Ковда. – Кн. 1. – М. : Наука, 1973. – 447 с.
- Красильников Н. А. Микроорганизмы почвы и высшие растения / Н. А. Красильников. – М. : АН СССР, 1958. – 463 с.
- Одум Ю. Основы экологии / Ю. Одум. – М. : Мир, 1986. – Т. 1. – 328 с.; Т. 2. – 376 с.
- Рассел Э. Почвенные условия и рост растений / Э. Рассел. – М. : ИЛ, 1955. – 623 с.
- Травлев А. П. Опыт детализации структурных компонентов лесного биогеноценоза / А. П. Травлев // Вопросы степного лесоведения. – Д. : ДГУ, 1973. – С. 6-18.
- Хаусман К. Протозоология / К. Хаусман. – М. : Мир, 1988. – 336 с.
- Шанда В. І. Аспекти теорії екологічної ніші / В. І. Шанда // Екологія та ноосферологія. – 2009. – Т. 19. – № 1-2. – С. 115-120.
- Шанда Л. В. Трофотоп як об'єкт теорії степового лісознавства ґрунтознавства та загальної екології / Л. В. Шанда // Ґрунтознавство. – 2006. – Т. 7. – № 1-2. – С. 43-48.

Надійшла до редколегії 22.04.10

ЛІСОВЕ ҐРУНТОЗНАВСТВО

УДК 631.445.4(477.75)(23)

І. В. Костенко

ВПЛИВ ШТУЧНИХ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ НА ВЛАСТИВОСТІ ГІРСЬКО-ЛУЧНИХ ЧОРНОЗЕМОВИДНИХ ҐРУНТІВ АЙ-ПЕТРИНСЬКОЇ ЯЙЛИ

Нікітський ботанічний сад – Національний науковий центр

Виявлено негативний вплив штучних лісових насаджень, створених у середині минулого століття на Кримських нагір'ях, на гірсько-лучні чорноземовидні ґрунти Ай-Петринської яйли, що проявляється у різкому збільшенні брилисто-крупногріхуватих агрегатів, підвищенні кислотності та зменшенні оптичної густини розчинів гумінових кислот порівняно з ґрунтами під лучною рослинністю.

Ключові слова: Ай-Петринська яйла, гірсько-лучні чорноземовидні ґрунти, лісові насадження.

И. В. Костенко

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА СВОЙСТВА ГОРНО-ЛУГОВЫХ ЧЕРНОЗЕМОВИДНЫХ ПОЧВ АЙ-ПЕТРИНСКОЙ ЯЙЛЫ

Выявлено неблагоприятное влияние искусственных лесных насаждений, созданных в середине прошлого столетия на Крымских нагорьях, на горно-луговые черноземовидные почвы Ай-Петринской яйлы, которое проявляется в резком увеличении глыбисто-крупноореховатых агрегатов, в повышении кислотности и в снижении оптической плотности растворов гуминовых кислот по сравнению с почвами под луговой растительностью.

Ключевые слова: Ай-Петринская яйла, горно-луговые черноземовидные почвы, лесные насаждения.

I. V. Kostenko

Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Center

INFLUENCE OF ARTIFICIAL FOREST PLANTATION ON THE PROPERTIES OF MOUNTAIN-MEADOW CHERNOZEM LIKE SOILS OF AI-PETRY YAILA

The unfavourable influence of the artificial forest plantations, created in the middle of last century on the Crimean plateaus, on mountain-meadow chernozem like soils of Ai-Petry Yaila has been revealed. It is shown in the sharp increase of lumpy aggregates, in the increase of acidity, and in the decline of absorbency of humic acids solutions in comparison with soils under meadow vegetation.

Keywords: Ai-Petry Yaila, mountain-meadow chernozem like soils, forest plantation.

Протягом усієї історії розвитку ґрунтознавства питання впливу лісових насаджень на властивості ґрунтів чорноземного типу, а саме – чи призводить заміна степової та лучної рослинності на лісову до деградації ґрунтового покриву, не втрачає своєї актуальності. Початок дискусії про характер впливу лісової рослинності на чорноземи був пов'язаний з роботами С. І. Коржинського, який сформулював гіпотезу про формування сірих лісових ґрунтів у результаті деградації чорноземів під впливом лісу,

© Костенко І. В., 2010

що настає з півночі і витісняє трав'янисті угруповання степів. Деградаційні процеси в чорноземах під впливом штучних лісових насаджень у вигляді значного збільшення кількості грудкуватих та горіхуватих агрегатів, зменшення потужності гумусового горизонту та вмісту гумусу, появи кремнеземистої присипки по гранях структурних елементів та бурих патьоків гумусових речовин в нижній частині профілю, зменшення вмісту обмінного кальцію порівняно з ґрунтом під трав'янистою рослинністю, відмічали К. П. Горшенін (1924) та М. Є. Ткаченко (1939).

Інші дослідники також відзначали зміну певних властивостей ґрунтів чорноземного типу під впливом лісових культур, але не вважали це проявами деградації. Йдеться, насамперед, про трансформацію грудкувато-зернистої структури на горіхувату (Адерихин, 1979; Ахтырцев, 1956; Беляев, 1976, 1991; Келеберда, 1973; Мигунова, 1993), підвищення кислотності (Ахтырцев, 1956; Беляев, 1976; Бойко, 1949; Кретинин, 1993), зниження гумусованості (Ахтырцев, 1956), звуження відношення С_{гк}:С_{фк} (Кретинин, 1993). Та, оскільки ступінь прояву цих змін не був критичним, в більшості випадків за результатами досліджень лісових ґрунтів під штучними насадженнями лісостепу та степу відзначався позитивний вплив деревної рослинності на чорноземи, який проявлявся у збільшенні вмісту гумусу та потужності гумусового горизонту, покращенні фізичних та водно-фізичних показників, вилугуванні карбонатів та легкорозчинних солей (Ахтырцев, 1956; Беляев, 1976; Господарская, 1980; Мигунова, 1993; Мустафаєв, 1957; Степанец 1963; Усов, 1938; Чони, 1971), у зв'язку з чим свого часу було запропоновано відносити подібні ґрунти до чорноземів лісопокращених (Стадниченко, 1955 – цит. за А. П. Травлеєвым, Н. А. Беловой, 2008).

Пояснюється це тим, що у степовій та лісостеповій зонах за річної кількості опадів в межах 300–650 мм та за ГТК вегетаційного періоду 0,7–1,3, в умовах непромивного чи періодично промивного водного режиму під впливом лісової рослинності відбуваються досить незначні зміни величин основних ґрунтових показників чорноземів, які не призводять до радикальної зміни спрямованості ґрунтоутворного процесу.

На думку Є. С. Мигунової та В. І. Коптева (1993), під штучними лісовими насадженнями спостерігається своєрідне зміщення умов ґрунтоутворення у північному напрямку, тобто чорноземи південні під лісом за рахунок збільшення гумусованості та зниження лінії скипання набувають ознак звичайних, а звичайні – типових. Відповідно, подальше зміщення вже має надавати чорноземам певних рис сірих лісових ґрунтів у вигляді ознак опідзоленості. В першу чергу на зміну умов ґрунтоутворення реагує склад обмінних катіонів, що відображається у зростанні кислотності та зниженні насиченості ґрунтів під лісовими насадженнями. На залісених чорноземах особливо чітко це простежується в умовах лісостепу. За даними В. М. Кретиніна (1993), під окремими лісовими культурами у віці 22 роки на чорноземі вилугуваному (опадів 550–650 мм на рік) гідролітична кислотність сягала 10,8 мг-екв/100 г порівняно з 4,8 мг-екв/100 г на ріллі, а на чорноземі типовому (опадів близько 400 мм) під культурами віком 40 років – лише до 4,3 мг-екв/100 г порівняно з 3,4 мг-екв/100 г на ріллі.

За даними О. Б. Біляєва та ін. (1976), в умовах лісостепу (Ліпецька область) під 40-річними хвойними культурами гідролітична кислотність сягала 11–12 мг-екв/100 г порівняно з 5,72 мг-екв/100 г на ріллі. Таке підкислення є цілком закономірними, оскільки поряд, у природних насадженнях дуба, кислотність шару 0–20 см становила майже 19 мг-екв/100 г ґрунту.

Але навіть суттєве підкислення ґрунтів, зміна їхньої структури та гумусного стану не призводять до кардинальної зміни спрямованості ґрунтоутворного процесу впродовж часу існування штучних лісових насаджень, чому, звичайно, сприяє й добре розвинений трав'янистий покрив, притаманний більшості як штучних, так і природних лісових насаджень степу та лісостепу (Травлеєв, 2008).

Зрозуміло, що зі зростанням гумідності клімату в умовах промивного водного режиму ступінь впливу лісової рослинності на ґрунт, сформований під трав'янистими видами, має посилюватись, що в кінцевому рахунку може призвести до якісних змін основних властивостей ґрунту та спрямованості ґрунтоутворного процесу в цілому.

Саме в таких умовах перебувають об'єкти наших досліджень – залісені в середині 20-го століття гірсько-лучні чорноземовидні ґрунти Кримського нагір'я – Ай-Петринської яйли, еволюція яких відбувається в умовах надмірно вологого клімату з прохолодним вегетаційним періодом за середньорічної кількості опадів 1052 мм, середньорічної температури 5,7 °С та за ГТК вегетаційного періоду 1,55–1,60. Тому під природною лісовою рослинністю на найпоширеніших тут ґрунтоутворюючих породах – продуктах вивітрювання та вилугування вапняків – формуються кислі чи сильнокислі ненасичені буроземи опідзолені – аналоги дерново-підзолистих лісових ґрунтів рівнин (Костенко, 2010). У зв'язку з цим варто було очікувати, що після залісення гірсько-лучних чорноземовидних ґрунтів трансформація їхніх властивостей мала відбуватися досить швидкими темпами порівняно з чорноземами рівнин.

Мета роботи – за допомогою порівняльного аналізу основних властивостей ґрунтів під 50–60-річними штучними лісовими насадженнями та під природною лучною рослинністю вивчити вплив лісових культур на гірсько-лучні чорноземовидні ґрунти Ай-Петринської яйли.

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ

Для досліджень в межах плато було підібрано три залісені ділянки, одна з яких (ділянка 1) знаходилась під мішаними насадженнями клену польового (*Acer campestre*) з домішками сосни кримської (*Pinus silvestris* L.), а решта – під чистими сосновими насадженнями. Трав'янистий покрив під щільно зімкнутим деревостаном першої ділянки був відсутнім, а в більш освітлених насадженнях ділянок 2 та 3 його проективне покриття коливалось в межах 0,2–0,5.

Розрізи закладалися під лісовою рослинністю та поруч під лучною. Таким чином було закладено чотири пари розрізів: по одній на ділянках 1 та 3 та дві пари на ділянці 2. Крім того, на ділянці 3 було відібрано по 10 зразків під лісовою та лучною рослинністю з шару ґрунту 0–10 см для вивчення варіабельності ґрунтових показників.

Потужність пухкого шару елювіо-делювію, на якому сформувалися ґрунти, варіювала в залежності від глибини залягання щільних вапняків в межах 40–80 см на ділянці 1 та 3, а на ділянці 2, де залягали потужні намиті ґрунти, становила понад 120 см. Майже в усіх випадках гумусовий горизонт сягав дна розрізів, крім розрізу під лучною рослинністю на ділянці 1, де гумусовий горизонт становив 56 см, а щільні породи залягали з 80 см.

В зразках ґрунту визначали гранулометричний склад за Качинським з підготовки зразків пірофосфатним методом, вміст загального органічного вуглецю (С_{заг}) та груповий склад гумусу (С_{гк}, С_{фк}), оптичну густину (Е_с^{мг/мл}) розчину гумінової кислоти (Кононова, 1961; Плотникова, 1967), рН сольовий, гідролітичну кислотність за Каппеном у модифікації ЦНАО, вміст обмінних катіонів витісненням 0,2 н розчином NH₄Cl.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Вивчення морфологічної будови ґрунтів показало, що під впливом лісової рослинності, насамперед чистих насаджень сосни кримської, відбулася трансформація грудкувато-зернистої структури, властивої гумусовому горизонту гірсько-лучного чорноземовидного ґрунту, в брилисто-крупногріхувату. Найбільш помітні зміни відбулися на ділянці 3, де трансформація структури простежувалась по усьому профілю ґрунту аж до щільних порід (рисунк). Вже безпосередньо під лісовою підстилкою у шарі 0–10 см вміст фракції >10 мм коливався від 22 до 67 % (в середньому 54 %), а під лучною рослинністю – в межах 5–24 % (в середньому 14 %). Найбільший відсоток фракції >10 мм містив ґрунт в місцях накопичення потужного шару лісової підстилки під зімкнутим деревостаном зі слабко розвиненим трав'янистим покривом. На ділянці 2 зміни структури простежувалися на меншу глибину – близько 30 см, а кількість агрегатів розміром понад 10 мм в горизонті 0–20 см під лісом сягала 89 % порівняно з 41 % під лучною рослинністю. Найменш помітними були зміни структури під переважно листяними насадженнями на ділянці 1, хоча трав'янистого покриву тут взагалі не було.

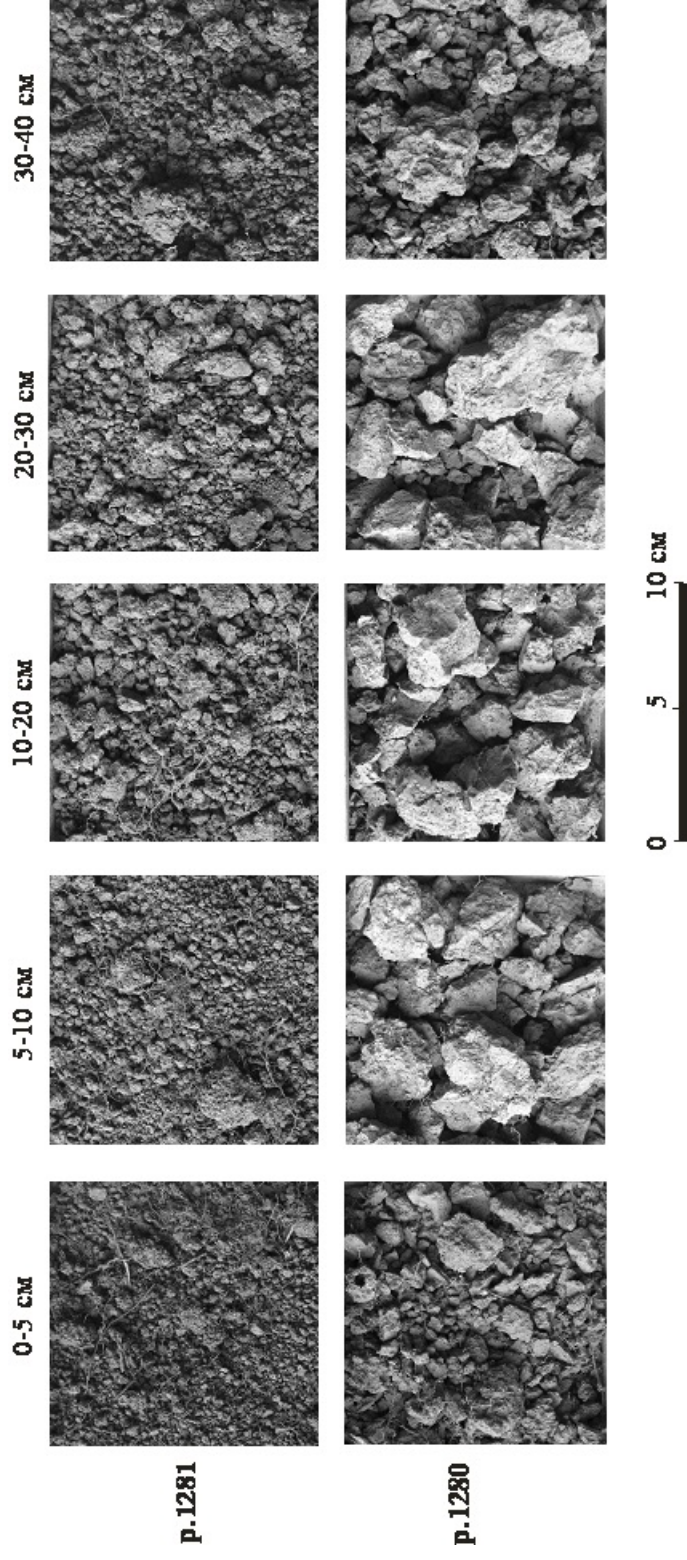
Підтвердженням того, що вивчені ґрунти до заліснення формувалися під лучною рослинністю, є, на нашу думку, характер профільного розподілу гранулометричних елементів і, насамперед, мулу, оскільки лісові ґрунти плато, сформовані під природною лісовою рослинністю, відрізняються значною текстурною диференціацією, якої не спостерігалось на жодній з досліджених ділянок. Коефіцієнт профільної диференціації мулу, розрахований як відношення його вмісту у горизонті максимального накопичення до вмісту у горизонті 0–10 см, знаходився в межах 1,04–1,25 під штучними лісовими насадженнями та 1,02–1,50 – під лучною рослинністю, тоді як під природною лісовою рослинністю плато його значення коливалися від 1,61 до 2,61 (Костенко, 2010). Крім того, в ґрунтах під природними лісовими насадженнями більш-менш чітко виражена горіхувата (але не брилиста) структура спостерігалась в перехідних горизонтах, а їхні гумусово-дернинні горизонти мали типову грудкувато-зернисту структуру.

Для визначення причин різкої зміни структури ґрунту під лісовими культурами, було насамперед проаналізовано кислотність та склад обмінних катіонів, як найбільш вразливі до зовнішнього впливу показники ґрунту. Згідно отриманих результатів, середньопрофільні значення рН під лісом на ділянках 1 і 2 були на 0,5–1,1 одиниць нижчими порівняно з ґрунтом під луками, а гідролітична кислотність, відповідно, була на 1,9–2,7 мг-екв/100 г вищою (табл. 1). Максимальна різниця в показниках кислотності між розрізами під луками і лісом спостерігалась в шарі ґрунту 0–10 см на другій ділянці, де вона сягала 6–6 мг-екв/100 г. З глибиною ця різниця поступово зменшувалась і вже близько 50–60 см кислотність під лісом наближалась до значень, властивих ґрунту під лучною рослинністю. Через більшу кислотність та менший вміст основ ґрунти під лісовими культурами на ділянках 1 та 2 відзначалися також меншою на 6–8 % насиченістю основами.

Але така чітка закономірність простежувалась далеко не завжди через досить сильну просторову мінливість властивостей, притаманну гірським ґрунтам. Тому на ділянці 3 більш кислим виявився ґрунт у розрізі під лучною рослинністю, який до того ж характеризувався найнижчими значеннями рН, найвищою гідролітичною кислотністю та найменшою насиченістю основами серед усіх вивчених ґрунтів, в тому числі й під лісовими насадженнями (табл. 1). Незважаючи на це, ґрунт під лучною рослинністю мав типову для ґрунтів дернового типу грудкувато-зернисту структуру зі слабко вираженою горіхуватістю (*рисунок*). Втім, за результатами аналізу великої кількості зразків з шару 0–10 см на ділянці 3, ґрунт під лісом мав помітно нижчий рівень рН (від 3,71 до 4,23, в середньому 3,94) порівняно з ґрунтом під луками (від 4,14 до 5,02, в середньому 4,47) та майже в 1,5 рази вищі середні значення гідролітичної кислотності (12,08 та 8,13 мг-екв/100 г, відповідно).

Наведені результати підтверджують, що під лісом дійсно відбувається підкислення ґрунту та зменшення його насиченості, відмічене багатьма дослідженнями (Ахтырцев, 1956; Беляєв, 1976; Бойко, 1949; Кретинин, 1993 та ін.). Але до зміни структури напевно призводить дія й інших чинників, які в більшій мірі продукуються лісовою підстилкою та кореневими системами хвойних дерев, оскільки під сосною на ділянках 2 та 3 така трансформація проявилась набагато виразніше, ніж під кленом на ділянці 1.

Одним з головних факторів, що визначає структуру ґрунтів є, як відомо, кількісний та якісний склад гумусу, тому нами було проведено порівняльні дослідження основних показників гумусного стану ґрунтів під лісовими насадженнями та під лучною рослинністю. Як свідчать результати досліджень якихось закономірностей зміни вмісту загального органічного вуглецю та вуглецю ГК під впливом лісової рослинності не виявлено через значне просторове варіювання цих показників. Тому в одних випадках (ділянки 1 та 2) середньопрофільний вміст Сзаг та Сгк був більший під лісовою, в інших (ділянка 3) – під лучною рослинністю (табл. 2). Але оскільки середні значення вмісту Сзаг в шарі 0–10 см на ділянці 3 за результатами 10 визначень також виявилися більшими під лучною рослинністю ($3,79 \pm 0,91\%$) порівняно з лісовою ($3,10 \pm 0,21\%$), маємо підстави говорити про тенденцію до зниження вмісту гумусу після заліснення чорноземовидних ґрунтів плато.



Макроструктура гірсько-лучного чорноземовидного ґрунту під лучною (розріз 1281) та під лісовою (розріз 1280) рослинністю через 50 років після створення штучних насаджень сосни кримської.

Таблиця 1

Кислотність та склад обмінних катіонів ґрунтів

Розріз, №	Глибина, см	pH _{KCl}	Гідролітична кислотність	Сума основ	Насиченість, %
			мг-екв/100 г		
Ділянка 1					
1250 Ліс	0–10	5,81	4,50	34,8	89
	10–20	5,36	6,07	31,5	84
	20–30	4,58	10,46	29,2	74
	30–40	4,80	7,72	29,4	79
	Середнє	4,92	7,20	31,2	82
1251 Луки	0–10	5,66	3,99	35,2	90
	10–20	5,55	4,42	35,3	89
	20–30	5,36	5,14	33,5	87
	30–40	5,38	4,51	34,5	88
	Середнє	5,42	4,52	36,6	89
Ділянка 2					
1257 Ліс	0–10	4,56	8,62	29,6	77
	10–20	5,65	2,78	27,1	91
	20–30	5,79	2,40	27,8	92
	30–40	5,86	2,19	25,3	92
	40–50	6,04	1,85	28,7	94
	50–60	6,09	1,74	26,6	94
	Середнє	5,24	3,26	27,5	90
1258 Луки	0–10	6,02	2,07	31,9	94
	10–20	6,36	1,40	30,4	96
	20–30	6,57	0,95	28,1	97
	30–40	6,48	1,12	25,7	96
	40–50	6,37	1,25	24,5	95
	50–60	6,39	1,25	26,0	95
	Середнє	6,33	1,34	27,8	96
Ділянка 3					
1280 Ліс	0–5	4,13	9,21	18,8	67
	5–10	4,13	8,80	19,8	69
	10–20	4,14	7,71	19,8	71
	20–30	4,19	7,59	18,8	71
	30–40	4,33	6,84	20,4	75
	Середнє	4,18	8,03	19,5	71
1281 Луки	0–5	4,09	11,0	15,3	58
	5–10	4,10	9,86	14,5	59
	10–20	4,13	9,23	14,6	61
	20–30	4,16	8,86	18,0	67
	30–40	4,38	7,18	23,7	77
	Середнє	4,16	9,23	17,2	64

Середньопрофільні значення відносного показника – відношення Сгк:Сфк, що широко застосовується в ґрунтовій діагностиці (Орлов, 1990), теж в одних випадках виявилися вищими під лісом (ділянка 1), в іншому (ділянка 3) – під лучною рослинністю. На ділянці 2 в одному розрізі під лісом відношення Сгк:Сфк було нижчим, а в іншому – вищим, ніж поряд, під луками. Це також пов'язано з дуже високою просторовою мінливістю відношення Сгк:Сфк, середньопрофільні значення якого під лучною рослинністю коливались від 0,88 до 1,80 (V=45 %), а під лісовою – від 0,98 до 1,62 (V=29 %). Таким чином, не виявлено впливу лісових насаджень на

якісний стан гумусу, оскільки за час їхнього існування не відбулося збільшення питомої ваги фульвокислот у складі органічної речовини, чого можна було очікувати з огляду на результати інших досліджень з цього питання (Кретинин, 1993).

Іншим показником, що характеризує якісний стан гумусу, а саме ступінь конденсованості – відносну частку конденсованого ароматичного ядра і периферійних аліфатичних ланцюгів в будові молекули гумінової кислоти (Орлов, 1981), є оптична густина лужних розчинів ГК. Відомо, що, як і відношення Сгк:Сфк, величина цього показника підпорядковується певним зональним закономірностям, зростаючи у ряду від підзолистих північних ґрунтів до чорноземів у кілька разів (Орлов, 1981).

Згідно результатів наших досліджень (Костенко, 2008), величина оптичної густини, на відміну від відношення Сгк:Сфк, є більш стабільним показником, що значно менше варіює в межах одного типу ґрунту. За даними табл. 2, середньопрофільні величини оптичної густини ґрунту під лісом в усіх випадках були меншими за відповідні значення під луками на 0,8–1,4 одиниці. Середня оптична густина розчину ГК, розрахована для усіх зразків, відібраних під лісом, становила

Таблиця 2

Показники гумусного стану ґрунтів

Розріз	Глибина, см	Сзаг	Сгв	Сгк	Сгк/Сфк	Ес ^{мг/мл}
Ділянка 1						
1250 Ліс	0–10	5,89	2,43	1,23	1,02	15,4
	10–20	4,86	2,09	1,16	1,26	15,8
	20–30	4,32	1,97	1,06	1,16	16,1
	30–40	4,24	1,91	1,10	1,35	16,7
	Середнє	4,83	2,10	1,14	1,20	16,0
1251 Луки	0–10	5,31	2,96	1,12	0,60	16,9
	10–20	4,31	2,70	1,07	0,66	18,0
	20–30	3,74	2,19	1,07	0,96	17,4
	30–40	3,33	1,22	0,80	1,88	17,1
	Середнє	4,17	2,27	1,02	0,88	17,4
Ділянка 2						
1257 Ліс	0–10	3,56	1,39	0,62	0,80	12,9
	10–20	2,36	0,87	0,47	1,15	14,7
	20–30	2,37	0,73	0,36	0,97	16,7
	30–40	2,25	0,71	0,34	0,93	18,5
	40–50	2,33	0,81	0,40	0,97	18,3
	50–60	2,02	0,73	0,37	1,03	19,4
	Середнє	2,48	0,87	0,43	0,98	16,8
1258 Луки	0–10	3,74	1,28	0,58	0,83	14,1
	10–20	3,11	0,98	0,47	0,93	14,8
	20–30	1,84	0,68	0,35	1,07	19,1
	30–40	1,78	0,66	0,36	1,25	19,5
	40–50	1,66	0,62	0,32	1,09	20,4
	50–60	1,72	0,63	0,32	1,05	20,7
	Середнє	2,31	0,81	0,40	1,04	18,1
Ділянка 3						
1280 Ліс	0–5	3,53	1,33	0,71	1,15	17,0
	5–10	3,28	1,10	0,61	1,38	18,0
	10–20	2,46	1,07	0,62	1,39	17,7
	20–30	2,26	1,02	0,64	1,66	17,2
	30–40	2,38	1,02	0,73	2,51	18,3
	Середнє	2,78	1,11	0,66	1,62	17,6
1281 Луки	0–5	4,24	1,60	0,95	1,47	18,3
	5–10	3,36	1,39	0,86	1,62	19,8
	10–20	3,40	1,39	0,84	1,54	19,6
	20–30	3,07	1,21	0,76	1,73	19,2
	30–40	2,26	0,95	0,62	2,66	18,2
	Середнє	3,27	1,31	0,81	1,80	19,0

16,8, для зразків під лучною рослинністю – 18,0. Відповідні коефіцієнти варіації були значно меншими, ніж розраховані для відношення $S_{гк}:S_{фк}$, і коливались в межах 10–11 %, що свідчить про можливість використання цього показника для вивчення впливу лісової рослинності на якісний стан гумусу чорноземовидних ґрунтів.

ВИСНОВКИ

Результати досліджень свідчать, що при створенні штучних лісових насаджень на гірсько-лучних чорноземовидних ґрунтах в умовах надмірного зволоження Ай-Петринської яйли перші ознаки деградації ґрунтів можуть проявлятися вже через кілька десятків років після заліснення території. До таких ознак ми відносимо трансформацію агрономічно цінної грудкувато-зернистої структури в брилисто-крупногріхувату, суттєве підкислення ґрунтів та зниження оптичної густини розчинів гумінових кислот.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Адерихин П. Г.** Влияние поlezащитных лесных полос на структуру обыкновенных черноземов Каменной степи / П. Г. Адерихин, З. С. Богатырева // Почвоведение. – 1979. – № 2. – С. 71-81.
- Ахтырцев Б. П.** Изменение обыкновенного чернозема под воздействием 80-летнего дубового насаждения / Б. П. Ахтырцев // Почвоведение. – 1993. – № 6. – С. 50-58.
- Беляев А. Б.** Влияние лесонасаждений на улучшение почв Лесостепи / А. Б. Беляев // Почвоведение. – 1991. – № 12. – С. 109-119.
- Беляев А. Б.** Влияние хвойных и широколиственных пород на выщелоченные черноземы лесостепи / А. Б. Беляев, В. Е. Александрович, К. К. Калущкий // Почвоведение. – 1976. – № 2. – С. 95-106.
- Бойко В. П.** К вопросу о воздействии поlezащитных лесных полос на почву / В. П. Бойко, А. С. Горбуленко // Почвоведение. – 1949. – № 6. – С. 313-324.
- Горшенин К. П.** Влияние лесных посадок на химико-морфологическое строение чернозема / К. П. Горшенин // Почвоведение. – 1924. – № 3-4. – С. 41-48.
- Господарская Н. Д.** Почвопреобразующее влияние широких лесополос в сухой степи / Н. Д. Господарская, В. И. Ерусалимский // Почвоведение. – 1980. – № 11. – С. 109-116.
- Келеберда Т. Н.** Преобразующее воздействие лесных насаждений в зоне ризосферы на обыкновенных черноземах Приазовья / Т. Н. Келеберда // Почвоведение. – 1973. – № 1. – С. 118-125.
- Кононова М. М.** Ускоренные методы определения состава гумуса минеральных почв / М. М. Кононова, Н. П. Бельчикова // Почвоведение. – 1961. – № 10. – С. 75-87.
- Костенко І. В.** Порівняльний аналіз показників гумусного стану, що використовуються як діагностичні ознаки при ґрунтових обстеженнях / І. В. Костенко // Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія «ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство». – 2008. – № 2. – С. 84-89.
- Костенко І. В.** Лісові ґрунти Ай-Петринської яйли / І. В. Костенко, В. А. Величко // Вісник аграрної науки. – 2010. – № 6. – С. 18-21.
- Кретинин В. М.** Изменение свойств почв в приствольной зоне деревьев в поlezащитных лесных полосах / В. М. Кретинин // Почвоведение. – 1993. – № 3. – С. 94-99.
- Мигунова Е. С.** Особенности почвообразования под лесными насаждениями и на защищенных ими полях в степной зоне / Е. С. Мигунова, В. И. Коптев // Почвоведение. – 1993. – № 6. – С. 116-121.
- Мустафаев Х. М.** Изменение свойств обыкновенного чернозема под лесными полосами различного возраста в межполосном пространстве / Х. М. Мустафаев // Почвоведение. – 1957. – № 6. – С. 102-107.
- Орлов Д. С.** Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов. – М. : Изд-во МГУ, 1990. – 325 с.
- Орлов Д. С.** Практикум по химии гумуса / Д. С. Орлов, Л. А. Гришина. – М. : Изд-во МГУ, 1981. – 272 с.
- Плотникова Т. А.** Упрощенный вариант метода определения оптической плотности гумусовых веществ с одним светофильтром / Т. А. Плотникова, В. В. Пономарева // Почвоведение. – 1967. – № 7. – С. 73-85.
- Степанец И. Т.** Влияние лесных насаждений на изменение физических и химических свойств темно-каштановых почв Западного Казахстана / И. Т. Степанец // Почвоведение. – 1963. – № 9. – С. 75-84.
- Ткаченко М. Е.** Влияние отдельных древесных пород на почву / М. Е. Ткаченко // Почвоведение. – 1939. – № 10. – С. 3-16.

Травлеев А. П. Лес как фактор почвообразования / А. П. Травлеев, Н. А. Белова // Грунтознавство. – 2008. – Т. 9, № 3-4. – С. 6-26.

Усов Н. И. Влияние полосных лесных насаждений на черноземы и каштановые почвы в условиях юго-востока СССР / Н. И. Усов // Почвоведение. – 1938. – № 3. – С. 416-435.

Чони Л. И. Изменение строения черноземов под влиянием лесных насаждений (на примере Мариупольской лесной опытной станции) / Л. И. Чони // Почвоведение. – 1971. – № 2. – С. 37-41.

Надійшла до редколегії 07.10.10

ЕКОЛОГІЧНЕ ҐРУНТОЗНАВСТВО

УДК 631.4

Л. О. Карпачевский, Т. А. Зубкова

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ПОЧВ В АГРОСФЕРЕ

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

При использовании почв в агросфере часть экологических функций почв блокируется, часть изменяется, а часть продолжают действовать. При забрасывании почв в залежь экологические функции постепенно восстанавливаются.

Экологические функции почв в агросфере развитых стран препятствуют получению «экологически чистой продукции», развитию биологического земледелия, т.к. их функция снабжения растений питательными веществами значительно гипертрофирована и в растения по-прежнему поступает значительное количество N, P, K. Почва в агросфере развивающихся стран, с ограниченным внесением удобрений, не сможет поддержать урожай на уровне выше 1 т/га, характерного для большей части таких почв и поэтому не сможет обеспечить продуктами питания жителей страны.

Ключевые слова: агросфера, агропочвы, экологические функции почв, биологическое земледелие.

Л. О. Карпачевский, Т. О. Зубкова

Московский державний університет ім. М. В. Ломоносова

ЕКОЛОГІЧНІ ФУНКЦІЇ ҐРУНТІВ В АГРОСФЕРІ

При використанні ґрунтів в агросфері частина екологічних функцій ґрунтів блокується, частина змінюється, а частина продовжує діяти. При залишенні ґрунтів екологічні функції поступово відновлюються.

Екологічні функції ґрунтів в агросфері розвинутих країн перешкоджає отриманню «екологічно чистої продукції», розвитку біологічного землеробства, оскільки їх функції постачання рослин поживними речовинами значно гіпертрофовані та в рослини як і раніше надходить значна кількість N, P, K. Ґрунт в агросфері країн, що розвиваються, з обмеженим внесенням добрив, не зможе забезпечити продуктами живлення жителів країни.

Ключові слова: агросфера, агроґрунти, екологічні функції ґрунтів, біологічне землеробство.

L. O. Karpachevskii, T. A. Zubkova

M. V. Lomonosov Moscow State University

ECOLOGICAL FUNCTIONS OF SOILS IN AGROSPHERE

Using the soils in agrosphere certain ecological functions of soils are being blocked, certain are being changed, others are continuing to react. Ecological functions of unused soils are being recovered step-by-step.

Ecological functions of soils in agrosphere of developed countries balk ecologically clean production, biological agriculture development. In such soils nutrients supply of plants is hypertrophied and considerable quantity of N, P, K comes into plants. Soils in agrosphere of developing countries limited in fertilizer application will not be able to keep the harvest more than 1 ton/hectare. Therefore such soil could not provide the country with foodstuffs.

Key words: agrosphere, agrosoils, ecological functions of soils, biological agriculture.

Учение об экологических функциях (Добровольский, 1990) позволяет точнее оценивать как степень развития почв, так и воздействие на почву разных искусствен-

ных и природных факторов. Появление (или проявление?) экологических функций у горной породы приводит к формированию первичной почвы. Оценка экологических функций почв можно проводить исходя из самых разных принципов. Можно оценивать непосредственное влияние почвы на все условия ее существования. Можно выделить функции, влияющие только на живые организмы и даже еще уже – на растительные организмы. Учение об экологических функциях дает возможность варьировать как числу экологических функций при их изучении, так и оценку собственно направленности функций, их количественного выражения. Выделяют, например, функции обитания организмов, их питания, снабжения водой, ингибирования разных химических веществ и патогенных бактерий (Добровольский, 1990). Но можно подойти к оценке функций со стороны влияния их на общую экологическую обстановку. Почва изменяет горную породу (педолитиз), состав воды, регулирует состав приземного слоя атмосферы (табл. 1). Все эти изменения определяют экологические условия существования организмов. Особо следует обсудить влияние почвы на организмы. Эволюция организмов идет в экосистеме. Значительная часть организмов обитает в почве или связана в своих жизненных функциях с почвой. Очевидно, что эволюция в значительной степени связана с почвой.

Таблица 1

Основные группы функций и объекты их воздействия

Группы экологических функций почвы		
Регуляция химического состава других тел	Трансформация других тел	Регуляция циклов веществ в биосфере
Объекты действия функций		
Гидросфера, другие твердые биокосные тела, атмосфера, живые организмы	Все геосферы, организмы	Биологический круговорот, Геологический круговорот

Общие закономерности изменения экологических функций почвы

Все эти три группы функций сохраняются у почвы при их использовании в агро-сфере. Но внутри групп часть функций усиливается, а часть ослабляется в своем проявлении.

Можно выделить три аспекта влияния использования почв в земледелии на их экологические функции:

1. Полное «исчезновение» может быть, точнее, нейтрализация, «отключение» функции.
2. Изменение функции.
3. Сохранение без изменения.

Под исчезновением функции понимается прекращение проявления этой функции. Например, в естественных БГЦ почва, благодаря биоте, регулирует число «вредителей» растений и препятствует массовому их размножению. В условиях земледелия нарушается состав биоты, и почва уже сама не может регулировать видовой состав. Его регулирует человек, используя разные химикаты и другие методы контроля.

Почва в естественных БГЦ «направлена» на формирование наибольшего разнообразия живых организмов. В земледелии эту функцию сознательно ликвидируют, нейтрализуют и основная функция агропочвы – получение максимального урожая одной выбранной культуры для агроценоза и определенного набора культур в агро-экосистеме.

В естественных экосистемах почвы имеют специфический для каждого местообитания растений химический состав почв. Применяя удобрения, стабилизаторы, ингибиторы мы получаем урожай с заданным для человека усредненным для данной сельскохозяйственной культуры составом, но чаще обогащенным нитратами и другими веществами, используемыми в процессе выращивания урожая. Во всяком слу-

чае, биохимический состав растений на агропочве заметно различается с составом естественных растений на исходной почве.

Изменяются функции влияния на другие геосферы (табл. 2). Так, усиливается поступление в грунтовые воды нитратов и других веществ, выделение оксидов азота и, других газов (особенно, при орошении) в атмосферу. Изменяется почвообразующая порода (собираются камни, усиливается разрушение подстилающих известняков и других горных пород). Происходит смена естественных растений на сорные, и состав фауны на специфические организмы, приспособившиеся к циклам сельскохозяйственных работ. Особенно влияют на экологические функции почвы такие воздействия, как мелиорация (полив, осушение, известкование и пр.)

Таблица 2

Изменение ряда экологических функций в агропочвах

Функции в почвах естественных экосистем	Изменение функции в агропочве
Поселения растений	Ограничена
Питание растений	Изменена
Санитарная	Ограничена
Поддержание биоразнообразия	Подавляется
Сохранение животного мира	Смена видов
Восстановление естественной экосистемы	Подавляется
Поддержание уровня плодородия	Ослаблена, заменена агроприемами

Агропочва часто становится причиной эутрофикации водоемов, что изменяет качество воды в данной части гидросферы. Изменяются и другие функции почвы, которые пока трудно оценивать.

Установлено, что снижение гумуса в пахотных почвах и увеличение площади пашни резко усилило поступление CO_2 в атмосферу. Те почвы, в которых при ведении хозяйства накапливается гумус, могут играть роль приемника стока CO_2 (например, огородные почвы).

Изменение экологических функций и биологическое земледелие

Изменение экологических функций почвы в истории человека приводило не раз к переселению народов, изменению численности населения, к возвышению одних и исчезновению других населенных объектов (Кульпин, 2008). Такие процессы, как деградация почв, неразрывно связаны с ослаблением или просто уничтожением экологических функций почвы. Деградацию можно определить как процесс, приводящий к исчезновению и ослаблению экологических функций почв. А деградация почв приводит к изменению экологии поселений, к смене местожительства, к миграции и пр. Опустынивание пастбищ Восточной Азии вызвало переселение народов на запад. Оскудение почв лесной зоны Европейской части России привело к забрасыванию этих земель в залежь (в конце XIX и конце XX вв.). Пока нет реальных оценок последствий нарушения санитарной функции почв, но прослеживается увеличение количества всевозможных болезней при расширении деградации почвенного покрова.

Сказанное позволяет заключить, что агроиспользование – это, в целом, процесс деградации, упрощения почвы как природного тела. Даже создание плодородных для разных сельскохозяйственных растений почв (виноградники, сады, рисовые поля) сопровождается частичной их деградацией. Изменением набора и степени проявления свойственных естественным почвам экологическим функциям.

В настоящее время пользуется широкой популярностью идея экологического земледелия, синоним – биологическое земледелие. Считается, что без удобрений и химикатов можно получить экологически чистую продукцию. Правда, одними обработками не удастся получить нужную массу продукции. Но для части человечества, притом очень незначительной по сравнению с остальной популяцией, экологически чистой продукции хватит. В этой концепции есть по крайней мере два уязвимых места:

1. Всеобщее загрязнение не дает возможность получать продукцию с абсолютно «естественным» содержанием веществ. Загрязнители будут поступать в растения все равно.

2. В странах с интенсивным сельским хозяйством почвы так хорошо удобрены, что еще десятилетия они будут снабжать растения «запасенными» питательными веществами.

Любое использование почвы приводит к изменению ряда ее экологических функций, поэтому экологическое земледелие – это скорее миф, чем реальность. Одна из главных особенностей биологического земледелия – значительное снижение урожая сельскохозяйственных культур. Уже давно установлено, что в этом случае производится ограниченное количество продукции. Фактически биологическим было земледелие, например, в России до конца XIX в. и сопровождалось периодическим голодом. Длительность жизни людей была меньше, чем сейчас. Иными словами, может ли биологическое земледелие достигнуть декларируемых целей?

Кроме того, биологическое земледелие требует специальных предприятий, дублирующей основную группу производств по переработке сельскохозяйственной продукции в продукты питания. На этих предприятиях биологическая продукция не будет смешиваться с экологически не выдержанной. Теоретически это возможно. Практически будут многочисленные отступления. И, главное – создание «чистой пищевой индустрии» не приведет ли к большей опасности заболеваний в связи с потерей «иммунитета» к разным загрязнителям?

Появляются ли новые экологические функции у агропочв?

Этот вопрос самый трудный, так как на первый взгляд в агропочвах гипертрофируются отдельные функции и ингибируются другие. Изменяется направленность функций. Естественные функции направлены на содействие росту естественных растений, в агропочвах – на помощь сельскохозяйственным культурам. Но в агропочвах должны развиваться функции по нейтрализации всяких чужеродных для почвы веществ (в основном, химикатов). Обработка почв вызывает усиление экологических функций у горизонта В. Он более часто вовлекается в обмен с растениями, участвует в формировании пахотного горизонта (у почв с подзолистым горизонтом, бурых лесных почв). В оазисных почвах наоборот, почва наращивается в результате выпадения взвесей, и бывший активный гумусовый горизонт исключается из взаимодействия с растениями и уже не проявляет полностью свои экологические функции. Эрозия почти полностью уничтожает многие экологические функции почвы, и часть этих функций восполняются применением удобрений, в том числе органических, сидерации и пр. Могут ли появиться вредные экологические функции у почвы? Наверное. Они есть и сейчас. Но не обнаруживаются. Например, сохранение в почве вирусов, патогенных микроорганизмов. Часть их почва с помощью комплекса почвенных микроорганизмов нейтрализует. Но возможно, что при подщелачивании почвы при внесении удобрений, патогенные организмы станут накапливаться в почвах. По современным представлениям, почва – один из факторов эволюции организмов (растительных и животных, а также грибов и микроорганизмов). Возможно, что эти функции сохраняются и в агропочвах, и в этом случае должны наблюдаться своеобразные генетические изменения у всей биоты.

Восстановление экологических функций почв как процесс проградации

Восстановление экологических функций после выхода почвы из агросферы происходит постепенно через ряд сукцессий. Продолжительность восстановления функций зависит от степени нарушения экологических функций почв при использовании этих почв в земледелии. Обычно восстановление естественных почв длится десятилетия и столько же длится восстановление полного набора экологических функций, свойственных почвам в данных экологических условиях. Почти все функции почв восстанавливаются на первых двух этапах сукцессии. Например, после рубки или пожара через десять лет поврежденная площадь превращается в комбинации

разных почв (от заболоченных до задернованных). Они проявляют соответствующие экологические функции. Через 20 лет площадь покрывается порослью деревьев (березы, осины) и почвы под ними фактически восстанавливают уже все экологические функции лесных почв. При восстановлении «зонального» БГЦ (например, ельника осоко-волосистого) происходит некоторое изменение экологических функций при сохранении их полного набора. В случае полного нарушения почв, в результате строительных или горнодобывающих работ, естественное восстановление экологических функций идет чрезвычайно медленно и локально, пятнами. Только через десятки лет эти вышедшие на поверхность горные породы приобретают облик почвы с тонким гумусовым горизонтом (не более 5–10 см) и с соответственно усеченным набором экологических функций. Этот процесс можно ускорить, искусственно создав остаточный по мощности гумусовый горизонт (Travleev, 2010), тогда восстановление экологических функций произойдет намного быстрее.

ВЫВОДЫ

1. При использовании почв в агрофере часть экологических функций почв блокируется, часть изменяется, а часть продолжает действовать.
2. При забрасывании почв в залежь экологические функции постепенно восстанавливаются.
3. Экологические функции почв в агрофере развитых стран препятствуют получению «экологически чистой продукции», развитию биологического земледелия, т.к. их функция снабжения растений питательными веществами значительно гипертрофирована и в растения по-прежнему будет поступать значительное количество N, P, K. Почва в агрофере развивающихся стран, с ограниченным внесением удобрений, не сможет поддержать урожай на уровне выше 1 т/га, характерного для большей части таких почв, и поэтому не сможет обеспечить продуктами питания всех жителей страны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Добровольский Г. В. Функции почв в биосфере и экосистемах / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. – М. : Наука, 1990. – 260 с.
- Карпачевский Л. О. Экологическое почвоведение / Л. О. Карпачевский. – М. : ГЕОС, 2005. – 324 с.
- Корсунов В. М. Педосфера Земли / В. М. Корсунов, Е. Н. Красеха. – Улан-Удэ : Изд-во научного центра СО РАН, 2010. – 472 с.
- Кульпин Э. С. Социоестественная история – ответ на вызовы времени Э. С. Кульпин // Историческая психологическая социология истории 1 (1). – 2008. – С. 196-207.
- Travleev A. P., Zverkovskij V. N., Chernyshenko V. S., Kotovich A. V., Gonchar O. Forest revegetation of defective soils by coal industry in underflooding environment // Environment Workshops, 2010. – Baesa, Spain. Universidad e Cordoba. – P. 21-22.

Надійшла до редколегії 19.11.10

ФІЗИКА ҐРУНТІВ

УДК 577.3: 58.031

М. В. Нецветов

ВІБРАЦІЇ КОРЕНІВ ДУБА ЗВИЧАЙНОГО *QUERQUS ROBUR* L. ТА ҐРУНТУ, ВИКЛИКАНІ ДІЄЮ ВІТРУ

Донецький ботанічний сад Національної академії наук України

Досліджено вібрації коренів дуба звичайного *Quercus robur* L. та ґрунту в прикоренево-му об'ємі. Отримано результати, що свідчать про генерування вібрацій коренів дерев у результаті вигинів стовбурів та співударів гілок, які передаються ґрунту. Встановлено, що діапазон частот вібрацій коренів та ґрунту (чорнозем звичайний) лежить в області наднизьких та низьких частот, здебільшого від одиниць герц до одиниць кілогерц. Коефіцієнт згасання вібрації у ґрунті в об'ємі кореневої системи складає $2,23 \pm 0,23$ Нп·м⁻¹. Обговорюється вплив вібрацій та розгойдування дерева на фізичні властивості ґрунту.

Ключові слова: дерево, ґрунт, вібрація, частота, згасання.

М. В. Нецветов

Донецкий ботанический сад Национальной академии наук Украины

ВІБРАЦІЇ КОРНЕЙ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО *QUERQUS ROBUR* L. И ПОЧВЫ, ВЫЗВАННЫЕ ДЕЙСТВИЕМ ВЕТРА

Исследованы вибрации корней дуба черешчатого *Quercus robur* L. и почвы в прикорневом объеме. Получены результаты, которые свидетельствуют о генерировании вибраций корней деревьев в результате изгибов стволов и соударения ветвей, которые передаются почве. Установлено, что диапазон частот вибраций корней и почвы (чернозем обыкновенный) лежит в области сверхнизких и низких частот, в основном от единиц герц до единиц килогерц. Коэффициент затухания вибрации в почве в объеме корневой системы составляет $2,23 \pm 0,23$ Нп·м⁻¹. Обсуждается влияние вибраций и раскачивания дерева на физические свойства почвы.

Ключевые слова: дерево, почва, вибрация, частота, затухание.

M. V. Netsvetov

Donetsk Botanical Garden of the NAS of Ukraine

WIND INDUCED VIBRATIONS OF ENGLISH OAK ROOTS AND SOIL

The main purpose of this work is the examination of plantborn and soilborne vibrations. It is shown that the wind induced plant tissues deformations and branches clashing produce the elastic wave or vibrations which propagate through roots to the soil. It is defined the frequencies range of plantborn and soilborne vibrations are in the ultralow and sound range. The damping ratio of soilborne vibration is about $2,23 \pm 0,23$ Np·m⁻¹. The influence of vibration on soil physics is discussed.

Key wards: tree, soil, vibration, frequency, damping.

Дія вітру на дерева призводить до біохімічних, фізіологічних та морфологічних змін – сейсмо- та тигмореакцій, що є характерними для рослин як живих організмів (Telewski, 2006). Деревя реагують на вітрове навантаження і як механічна система, вигинаючись та розгойдуючись. Стійкість рослини до дії вітру забезпечується декількома механізмами (Niklas, 1992). 1. Перетворенням енергії вітру в енергію коливання стовбура, гілок та листя. 2. Згасанням цих коливань унаслідок внутрішнього тертя в тканинах рослини. 3. Згасанням коливань при співударах гілок сусідніх дерев.

4. У результаті аеродинамічного опору надземних частин рослини та при терті коренів і ґрунту. Коли механічне навантаження на крону є вищим за деяку межу, відбувається обламування гілок, стовбура та коренів, дерево або викорчується, або обламується. Характер екстремальних пошкоджень залежить від властивостей ґрунту та типу кореневої системи дерева.

Крім наднизькочастотних розгойдувань стовбура та гілок, обдування вітром з певною швидкістю призводить до їх вібрації (Нецветов, 2003). Існує й інший механізм виникнення вібрації рослин – збудження пружної хвилі при деформації рослинних тканин під час вигину стовбура й гілок та при їх співударах. Непрямо про це свідчить шум у лісі при сильному вітрі, який виробляють вібруючі гілки рослин. З цього також випливає, що частота вібрації може бути набагато вищою від частоти розгойдування гілок та стовбурів дерев. Це підтверджується одиничними експериментальними дослідженнями на трав'янистих рослинах (Casas et al., 2007). Екологічне значення таких вібрацій обговорюється лише в останні десятиліття в основному у зв'язку з вібраційною комунікацією тварин, які використовують рослини в ролі субстрату для передачі вібраційних сигналів (Hill, 2009).

Менш дослідженим аспектом екологічних властивостей вібрацій і розгойдувань рослин є їх ефекти в ґрунті. Про них свідчать лише окремі праці, в яких показано, що розгойдування дерева призводить до утворення тріщин у ґрунті, котрі полегшують переміщення ґрунтових організмів (Hintikka, 1973), посилення гідропотоку в ньому (Данилик и др., 1989) і сепарації ґрунтових частинок (Нецветов, 2009). Однак у доступній літературі відсутні праці, присвячені вібраціям кореневої системи та ґрунту, які виникають при дії вітру на крону дерева. У зв'язку з цим метою дослідження було охарактеризувати вібрації коренів дуба звичайного *Quercus robur* L. та ґрунту у прикореневому просторі, що спричинені коливаннями дерева.

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

У роботі досліджували вібрації коренів та ґрунту в прикореневому об'ємі трьох дерев *Quercus robur* (Q1, Q2, Q3), 35–40-річного віку, що ростуть у посадці в передмісті Донецька. Спочатку дерева було посаджено на чорноземі звичайному. Частину коренів дерев відкопували до глибини 1,0–1,2 м. Виміри вібрацій проводили на коренях та біля основи стовбура, а також у ґрунті в об'ємі кореневої системи. Для реєстрації вібрацій використовували п'єзоелектричні датчики та осцилоскоп HPS 10 фірми «Velleman» (Бельгія) (Нецветов, 2008).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Як видно з наведених на рис. 1 осцилограм, вібрації коренів *Quercus robur* модулюються низькочастотними коливаннями стовбура та посилюються при його максимальному відхиленні від положення рівноваги на кожному півперіоді.

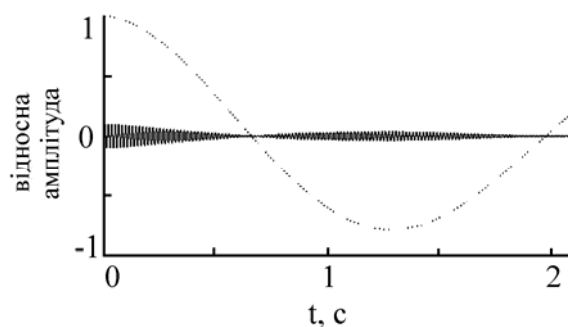


Рис. 1. Осцилограма вібрації кореня дуба звичайного *Quercus robur* L. (Q1) (суцільна лінія), викликана розгойдуванням стовбура (пунктир)

Для досліджених дерев вібрації основи коренів відбувалися на частотах у межах 60–80 Гц (рис. 2). На амплітудних спектрах, окрім основного піка, виокремлюються

два додаткових, розташованих на відстані, приблизно рівній частоті розгойдування стовбура, що свідчить про модуляцію. Частота модуляції відповідає частоті розгойдування стовбура, яка, як і коефіцієнт згасання, змінювалася залежно від сезону. Достовірних змін частоти вібрації у різні сезони віднайти не вдалося.

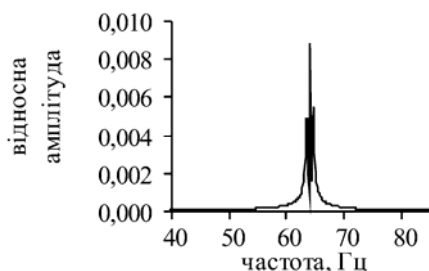


Рис. 2. Амплітудний спектр вібрації кореня дуба Q1, індукований розгойдуванням стовбура

Розглянемо частоти та амплітуди пружних хвиль, індуковані розгойдуванням під дією поривів вітру (середня швидкість вітру до 20 м/с), на коренях поблизу (до 15 см) їх відгалуження від центрального кореня дуба Q2. Наведені результати отримано, на відміну від описаних вище, при розгойдуванні вітром, коли гілки співударялися. Корінь на глибині $h=28$ см, максимальна амплітуда $A_m=1,28$ мкм, частота $f \sim 110$ Гц; на $h=30$ см – $A_m=2,17$ мкм, $f_1=75$ Гц; $f_2=50$ Гц; $f_3=100$ Гц; на $h=40$ см – $A_m=2,23$ мкм, $f_1=180 \pm 5$ Гц; $f_2=212 \pm 3$ Гц; $f_3=45 \pm 5$ Гц; центральний стрижень на глибині 58 см – $A_m=1,46$ мкм, $f_1=115 \pm 5$ Гц; $f_2=175$ –200 Гц. З наведених даних видно, що пікові значення амплітуд вібрацій припадають на частоти в діапазоні до 200 Гц.

В окремих випадках реєструвалися й більш високочастотні пружні хвилі на верхніх коренів дуба Q2. На рис. 3, а наведено амплітудні спектри вібрацій на центральному стрижневому корені на глибині 60 см від двох послідовних поривів вітру. В одному з випадків основні піки амплітуди вібрації припадали на частоти до 170 Гц (пунктир на рис. 3 а), в іншому (суцільна лінія) — до ~ 400 Гц. Піки менших амплітуд реєструються на ще більш високих частотах: 440–495 Гц; ~ 580 Гц; ~ 680 Гц; ~ 760 Гц; 850 Гц; ~ 950 Гц; ~ 1100 ; ~ 1300 Гц; ~ 1400 Гц. Присутність високих (кГц) частот у спектрах є більш помітною на залежності величини віброшвидкості та віброприскорення від частоти вібрації (рис. 3 б, в).

Під час сильних розгойдувань дерева в об'ємі кореневої системи візуально визначається розбиття прикореневого об'єму ґрунту на блоки та їх зміщення один щодо одного. Зміщення відбуваються синхронно з коливаннями стовбура, тобто на наднизьких частотах. Крім того, візуально легко визначається стискання ґрунту в блоках, утворення тріщин усередині блоків. Очевидно, що зміщення, тертя, стискання та розтягування блоків призводять й до виникнення пружної хвилі безпосередньо в ґрунтовому об'ємі.

У прикореновому об'ємі ґрунту також реєструються вібрації. В якості ілюстрації можна навести спектри вібрацій ґрунту (рис. 4), зареєстровані на глибині 70 см при розгойдуванні крони поривами вітру (до 10 м/с). Поблизу кореня в 10 і 30 см від нього реєструвалися вібрації, на амплітудних спектрах яких піки припадають на наднизькі (менше 5 Гц) та низькі частоти (до 150 Гц) (рис. 4 а, б). На відстані 70 см було зареєстровано вібрації з більш високими частотами в звуковому діапазоні (рис. 4, в).

Згасання вібрації ґрунту від розгойдування дерева відбувається нерівномірно. Так, пікові значення амплітуди вібрації на відстані 10, 30 і 70 см від кореня були $3,2 \pm 0,65$; $3,6 \pm 0,72$; $1,5 \pm 0,30$. Напевно, це пов'язано зі складанням хвиль від кількох коренів, а також із хвилями, що виникають під час тертя та зіштовхування ґрунтових блоків. Для визначення коефіцієнту згасання вібрації ґрунту, переданій їй від коренів дерева, та виключення впливу блоків ґрунту один на одного ми використовували метод «тест-удару». Вібрацію індукували на стовбурі на висоті грудей та реєстрували її амплітуду в ґрунті на різній відстані від центрального кореня (рис. 5). Коефіцієнт згасання вібрації у ґрунті на глибині 70 см склав $2,23 \pm 0,23$ Нп·м⁻¹, що можна порівняти зі згасанням на коренях (Нецветов, 2009).

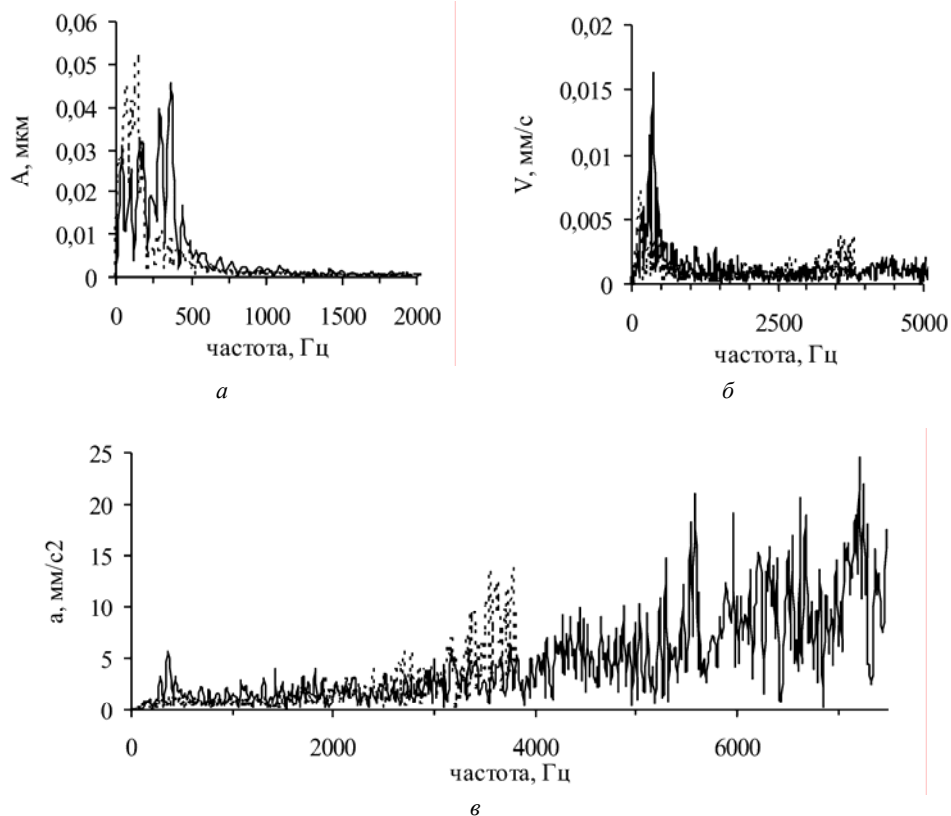


Рис. 3. Амплітуда зміщення (*a*), віброшвидкості (*б*) та віброприскорення (*в*) на різних частотах при вібрації кореня дуба *Q2*, викликана двома послідовними поривами вітру

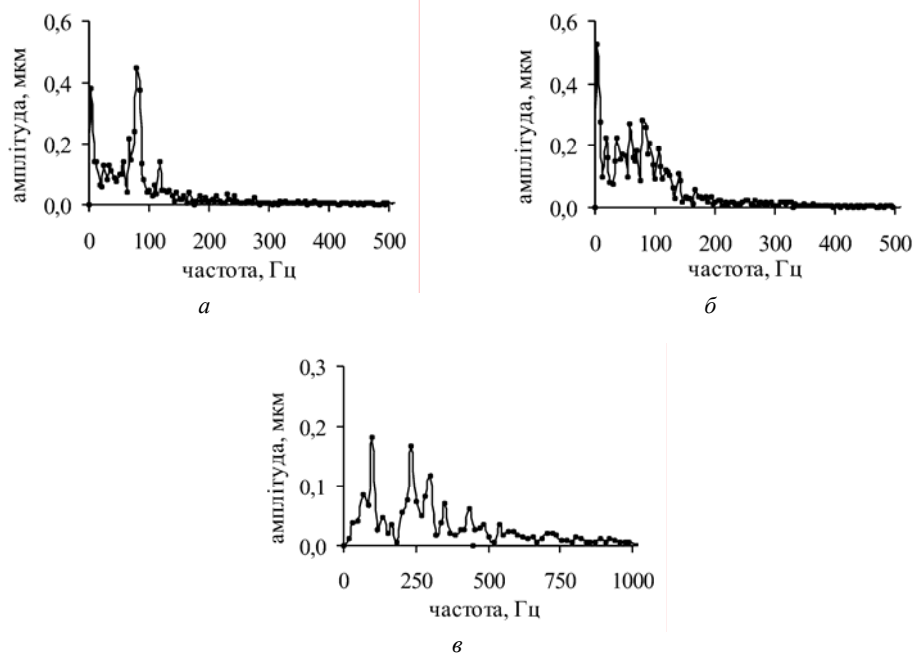


Рис. 4. Амплітудні спектри вібрації ґрунту на глибині 70 см при розгойдуванні дуба *Q3* від поривів вітру (~10 м/с):

a – місце реєстрації на відстані 10 см від центрального кореня; *б* – 30 см; *в* – 70 см

Таким чином, енергія вітру, передана дереву, частково передається ґрунту у вигляді пружних хвиль. Про їх можливі ефекти в ґрунті можна судити з результатів модельних експериментів. Віб्राції у діапазоні частот 100–400 Гц з амплітудами ~2–10 мкм індукували проникнення нано- і мікрометрових частинок карбонільного заліза та нікелю в поровий простір ґрунтових зразків. Час переміщення навішення частинок скорочувався при збільшенні їх розміру. Зі збільшенням глибини відбору ґрунтових зразків час занурення частинок зростав. Ефект вібрації спостерігався на всіх досліджених частотах, але максимальний ефект був на частоті 200 Гц. Основним механізмом занурення частинок у порові простори ґрунту є ефект віброзрідження, при якому енергія вібрації передається частинкам, дозволяє їм подолати сили тертя та призводить до їх зміщення. Якщо частинка перебувала поблизу пор або на їх поверхні, то вібрація може індукувати їх зміщення під дією сили ваги. Можливість резонансного поглинання енергії вібрації ґрунтовими частинками, напевно, виключена, принаймні для зареєстрованих нами частот.

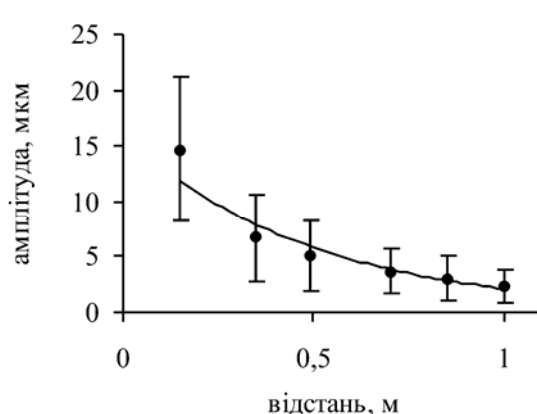


Рис. 5. Згасання вібрації у ґрунті, викликане ударом об стовбур дуба $\varnothing 3$, залежно від відстані

Власна частота коливань будь-якого тіла визначається коренем квадратним відношення його коефіцієнта жорсткості C до маси m : $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{C/m}$. Коефіцієнт жорсткості визначається як відношення сили стискання або розтягання тіла до його подовження, для сферичної частинки може бути виражений через модуль Юнга E (модуль пружності), площа S поперечного перерізу і радіус r частинки: $C = E \cdot S / r$. Виражаючи масу частинок через добуток її щільності ρ та об'єму (для сфери $V = 4/3 \cdot \pi r^3$), одержуємо вираження для частоти: $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\pi r \cdot (3E/\rho)}$ або $f = 3^{1/2} v / 2\pi d$, де v – швидкість звуку в речовині, d – діаметр частинки. Застосовуючи значення швидкості звуку й модуля пружності для ґрунту, можна оцінити значення власних частот для ґрунтових агрегатів і блоків, що утворюються при розгойдуванні дерева. Діапазон зареєстрованих нами механічних коливань та вібрацій коренів перекриває власні частоти ґрунтових агрегатів і блоків з діаметром від декількох міліметрів і вище (рис. 6).

Розглянемо шар суміші частинок (<200 мкм) ґрунту чорнозему звичайного для ілюстрації псевдозріджуючого ефекту вібрації поза резонансом зі структурними частинами субстрату або власними частинками. Два навішення частинок, прикріплені до похилої (30°) площини, розміщали на папері. Одразу після розташування на похилій площині частинки розсипалися (рис. 7 а) у вигляді еліпсу. Вібрація з частотою 100 Гц однієї з поверхонь призвела до подовження еліпсу (рис. 7 б): спочатку частинки накопичуються біля його нижньої межі шару, після досягнення деякої критичної маси частина з них переміщується нижче і т.д.

Іншим ефектом вібрації може бути посилення гідропотоку по порах і тріщинах у ґрунті, що спостерігалось в експериментах. Тут можна вказати на два основні механізми: 1) утворення додаткових пор і тріщин та розширення вже наявних; 2) полегшення виходу повітря з пор, що спостерігалось в нашій попередній роботі.

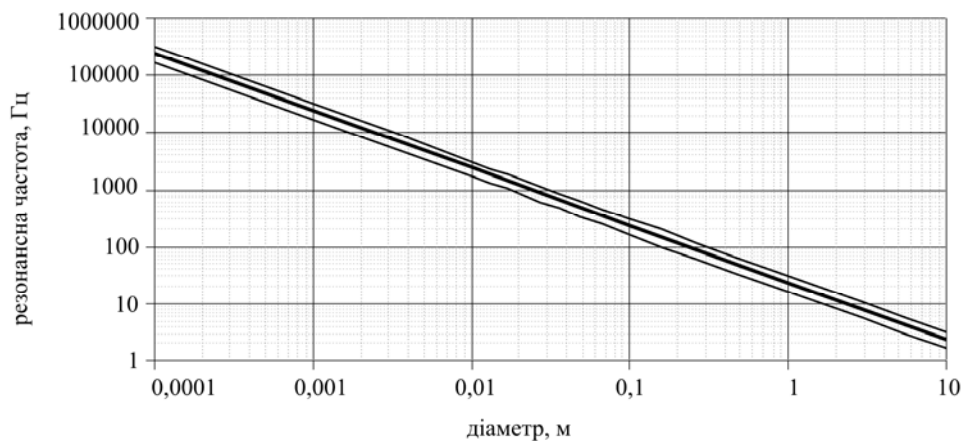


Рис. 6. Залежність резонансних (власних) частот ґрунтових агрегатів (блоків) від їх лінійних розмірів. Верхня лінія відповідає швидкості звуку в ґрунті 113 м/с, середня – 86,5 м/с, нижня – 60 м/с

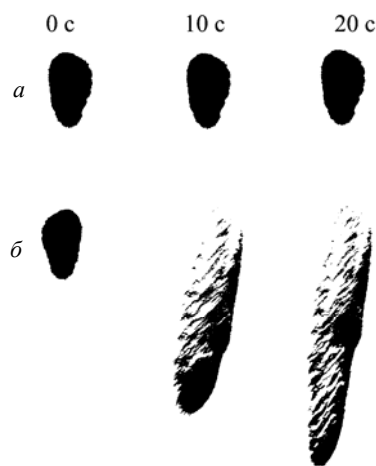


Рис. 7. Стікання шару суміші ґрунтових частинок (розмір <200 мкм) по похилій поверхні протягом часу (0, 10, 20 с):

a – без дії вібрації; *б* – при дії вібрації з частотою 100 Гц

Виходячи зі всього вищесказаного, можна припустити схему впливу вібрацій на процеси механічного переміщення частинок дрібних фракцій униз по профілю ґрунту. Згідно з уявленнями Ф. Дюшофура, переміщенню мінеральних частинок передують фізична дезагрегація, її головні механізми – формування та розширення тріщин під дією температурних коливань; денудація факторами ерозії. Разом з цим формування тріщин та подрібнення агрегатів, певною мірою, проявляються і при впливі коливних стовбурів та коренів дерев, про що свідчать наші власні спостереження та данні інших авторів (Данилик и др., 1989; Hintikka, 1973). Вібраційну дезагрегацію та просіювання частинок через порові простори і тріщини в сухому стані віднесемо до першого етапу впливу вібрацій на винесення колоїдів. На другому етапі, коли в ґрунті досить гравітаційної води, наявність вібрацій буде відображена, в першу чергу, на збільшенні швидкості гідропотоку з частинками, що знаходяться в ньому (Нецветов, 2009).

ВИСНОВКИ

Одержані результати свідчать про генерування вібрацій коренів дерев у результаті вигинів стовбурів під дією вітру, які передаються ґрунту в прикореневому об'ємі. Діапазон частот вібрацій коренів *Quercus robur* та ґрунту знаходиться в обла-

сті наднизьких і низьких частот, в основному від одиниць герц до одиниць кілогерц. Коефіцієнт згасання вібрації у ґрунті в об'ємі кореневої системи склав $2,23 \pm 0,23 \text{ Нп} \cdot \text{м}^{-1}$. При дії вітру на крону в ґрунті виникають тріщини та блоки різних розмірів, тертя та зміщення яких також призводить до виникнення пружних хвиль. Частоти розгойдування та вібрації *Q. robur* формально відповідають власним частотам ґрунтових агрегатів та блоків з розмірами від одиниць міліметрів і більше. Вібрації дерева, що передаються ґрунту, можуть індукувати переміщення та сепарацію ґрунтових частинок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Данилик В. Н.** Влияние колебаний деревьев на водопроницаемость почвы / В. Н. Данилик, Г. П. Макаренко, О. В. Толкач // Лесоведение. – № 1. – 1989. – С. 40-45.
- 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.
- Нецветов М. В.** Вибрационное перемещение нано- и микрочастиц в почве / М. В. Нецветов // Ґрунтознавство. – 2009. – Т. 10, № 1-2. – С. 44-48.
- Нецветов М.** Вібраційний вплив автомобільного транспорту на дерева придорожніх смуг / М. Нецветов, О. Суслова // Вісник Львівського університету. Серія Біологічна. – 2008. – Вип. 48. – С. 75-82.
- Casas J.** Dispersive and non-dispersive waves through plants: implications for arthropod vibratory communication / J. Casas, C. Magal, J. Sueur // Proceedings of the Royal Society B. – 2007. – 274. – P. 1087-1092.
- Hill P.S.M.** How do animals use substrate-borne vibrations as an information source? / P.S.M. Hill // Naturwissenschaften. – 2009. – 96. – P. 1355-1371.
- Hintikka V.** Wind-induced root movements in forest trees / V. Hintikka // Metsäntutkimuslaitoksen julk. – 1973. – V. 76, N 2. – P. 1-56.
- Niklas K.J.** Plant biomechanics: an engineering approach to plant form and function / K.J. Niklas. – Chicago: University of Chicago Press, 1992. – 622 p.
- Telewski F.W.** A unified hypothesis of mechanoperception in plants / F.W. Telewski // American journal of botany – 2006. – V. 93. – P. 1466-1476.

Надійшла до редколегії 05.10.10

**ПРИРОДНА БЕТА-АКТИВНІСТЬ ЕОЛОВО-ҐРУНТОВИХ ВІДКЛАДІВ
ПОЛЕЗАХИСНИХ ЛІСОСМУГ СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ***Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара*

Наведено результати дослідження природної бета-активності (з використанням калійного еталону бета-активності) еолово-ґрунтових відкладів полезахисних лісосмуг степової зони України, а також похованих лісопокращених чорноземів звичайних, чорноземів приазовських та темно-каштанових ґрунтів. Виконано порівняльний аналіз бета-активності похованих лісопокращених ґрунтів з наявними еолово-ґрунтовими відкладами та зональних ґрунтів.

Ключові слова: природна радіоактивність, бета-активність, лісопокращені ґрунти, полезахисні лісосмуги.

В. А. Горбань

*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара***ЕСТЕСТВЕННАЯ БЕТА-АКТИВНОСТЬ ЭОЛОВО-ПОЧВЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСОПОЛОС СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ**

Представлены результаты исследования естественной бета-активности (с использованием калиевого эталона бета-активности) эолово-почвенных отложений полезащитных лесополос степной зоны Украины, а также погребенных лесоулучшенных черноземов обыкновенных, черноземов приазовских и темно-каштановых почв. Выполнен сравнительный анализ бета-активности погребенных лесоулучшенных почв с наличием эолово-почвенных отложений и зональных почв.

Ключевые слова: естественная радиоактивность, бета-активность, лесоулучшенные почвы, полезащитные лесополосы.

V. A. Gorban

*O. Gonchar Dnipropetrovsk National University***NATURAL BETA ACTIVITY OF EOLIAN DEPOSITS
IN FIELD PROTECTING FOREST BELTS OF UKRAINIAN STEPPE ZONE**

In the paper the results of natural beta activity research (using a potassium etalon of beta activity) of eolian deposits in field protecting forest belts of Ukrainian steppe zone and also buried forest improved common chernozems, chernozems of Azov and dark brown soils are presented. Comparative analysis of beta activity of buried forest improved soils with eolian deposits and zonal soils is performed.

Key words: natural radioactivity, beta activity, forest improved soils, field protecting forest belts.

Природна радіоактивність обумовлена радіоактивними ізотопами природного походження, які присутні у всіх оболонках Землі: літосфері, гідросфері, атмосфері та біосфері.

Кількість радіоактивних елементів, що містяться у ґрунтах, у значному ступені визначається концентрацією радіоактивних сполук у материнській породі. Ґрунти, що утворилися з продуктів руйнування кислих магматичних порід, містять відносно більшу кількість урану, радію, торію та калію, порівняно з ґрунтами, що утворилися з ультраосновних та основних порід. Глинисті ґрунти за рахунок високого вмісту колоїдних фракцій, які добре сорбують та утримують радіоактивні ізотопи, завжди багатші на радіоактивні елементи, ніж піщані (Черкасов, 1974; Вадюнина, 1986).

Найбільшою розповсюдженістю серед природних радіоактивних ізотопів характеризується радіоактивний калій (K^{40}). Загальна активність його у земній корі більша, ніж активність усіх інших ізотопів, разом взятих. Він широко розсіяний у ґрунтах, особливо глинистих, оскільки глина утримує його міцно внаслідок процесів сорбції. Один грам природного калію за рахунок вмісту у ньому K^{40} (0,0119 %) характеризується активністю $0,8 \cdot 10^{-9}$ кюрі (Почвоведение, 1988; Гудков, 1991).

Радіоактивний калій (K^{40}) має період напіврозпаду $1,2 \cdot 10^9$ років. Характеризується бета-негативним типом розпаду з енергією 1,32 Мев (88,4 %) та частковим гамма-випроміненням (К-захват) з енергією 1,46 Мев (11,6 %) (Волков, 1964).

Природна радіоактивність ґрунтів обумовлена накопиченням у їх складі різних радіоактивних елементів. З радіоактивними властивостями ґрунту пов'язано постійне опромінення рослин та самого ґрунту ядерною радіацією. У зв'язку з цим дослідження природи природної радіоактивності ґрунту необхідно для виявлення енергетичного значення радіаційних властивостей ґрунтів для рослин та ґрунтової родючості.

Радіоактивність ґрунтів є джерелом гамма-променів та корпускулярної радіації, яка впливає на рослини. Велике теоретичне та практичне значення має виявлення біологічного впливу поля іонізуючої радіації, яка існує завдяки радіоактивності ґрунтів. Разом з тим безумовний інтерес викликає оцінка радіаційно-хімічного впливу довготривалого безперервного опромінення ґрунту ядерною радіацією (Гродзинский, 1965).

Результати досліджень щодо характеру накопичення та міграції радіоактивних ізотопів використовуються як один з показників шляхів ґрунтоутворення, що відбувається у лісових біогеоценозах степу (Травлєев, 1975).

Виходячи з цього, мета нашої роботи – дослідити характер накопичення та міграції радіоактивних ізотопів в еолово-ґрунтових відкладах та похованих лісопокрашених ґрунтах степової зони України для виявлення особливостей їх ґрунтоутворюючого процесу.

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Відбір зразків еолово-ґрунтового матеріалу та похованих під ними лісопокрашених 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–В1 та АН–В2). Нижче наводиться ґрунтово-геоботанічна характеристика об'єктів дослідження.

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

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

$\frac{СГ_1}{тін. - III}$ 7Д.зв.2К.г.1Яс.зв.

Тип лісорослинних умов – суглинок сухуватий (СГ₁).

Тип світлової структури – тінювий.

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 тонконіг вузьколистий (*Poa angustifolia* L.), також 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 ясеню.
H _{1eol}	0–30 см	Еоловий, темно-сірий, вологуватий, дрібно-грудкуватий, середній суглинок, пухкий, значно корененасичений. Перехід поступовий за забарвленням та щільністю.
H _{2eol}	30–47 см	Еоловий, сірий, вологуватий, дрібно-грудкуватий, супіщаний, щільніший попереднього, корененасичений. Перехід 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

[Hr]	73–91 см	дрібними корінцями трав'янистих рослин у розкладеному стані. Перехід поступовий за кольором та щільністю.
		Сірий, сухуватий, комкуватий, суглинистий, щільний, наявні окремі корені дерев. Перехід поступовий за кольором. Бурхливе скипання з 75 см.
		Світло-сірий, сухуватий, грудкуватий, суглинистий, ущільнений. Перехідний горизонт похованого ґрунту. Перехід за щільністю та забарвленням.
[Ph]	91–110 см	Світло-сірий, сухуватий, грудкуватий, суглинистий, ущільнений. Перехідний горизонт похованого ґрунту. Перехід за щільністю та забарвленням.
[Pk]	110–150 см	Світло-палевий, сухуватий, суглинистий, ущільнений. Материнська порода – лесоподібний суглинок.

Ґрунт – чорнозем звичайний лісопокращений середньовилугований середньогумусовий середньопотужний суглинистий мілкопохований з еоловим матеріалом потужністю 47 см.

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

Макроморфологічна характеристика ґрунтового розрізу ПП 202

Нор	0–40 см	Перегнійно-аккумулятивний, орний, темно-сірий, сухий, зернистої структури, суглинистий, пухкий, корененасичений. Перехід за щільністю та забарвленням.
H	40–60 см	Гумусовий, темно-сірий, сухий, зернистої структури, суглинистий, ущільнений, менш корененасичений порівняно з попереднім. Перехід за забарвленням.
HP	60–95 см	Перехідний, гумусований, світло-сірий з палевим відтінком, свіжуватий, зернисто-грудкуваті структури, суглинистий, щільний. Перехід за забарвленням. Скипання з 75 см.
Pk	95–120 см	Ґрунтоутворююча порода – лесовидний суглинок з включеннями у формі псевдоміцелію.

Ґрунт – чорнозем звичайний середньовилугований середньогумусовий середньосуглинистий на лесоподібних суглинках з ознаками слабкої делювіальності.

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): $\frac{СГ_1}{тін. - III} 10Д.зв.$

Тип лісорослинних умов – суглинок сухуватий (СГ₁).

Тип світлової структури – тінювий, 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 пірієм повзучим (*Elytrigia repens* L.), з проективним покриттям приблизно 90 %, деревій звичайний (*Achillea millefolium* L.) – поодинокі.

Макроморфологічна характеристика ґрунтового розрізу ПП ЧП–В1

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

Ґрунт – чорнозем приазовський лісопокращений сильновилугований 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 ґрунтовим розрізом.

Макроморфологічна характеристика ґрунтового розрізу ПП ЧП–В2

Нор	0–10 см	Орний шар, гумусовий, сірий, вологуватий, крупно-грудкуватої структури, суглинистий, незначно ущільнений, насичений корінням трав'янистої рослинності. Перехід чіткий за щільністю.
Н	10–30 см	Сірий, сухуватий, грудкуватої структури, суглинистий, ущільнений. Перехід за забарвленням.
hP	30–75 см	Світло-сірий, сухий, грудкуватий, суглинистий, ущільнений, суглинистий. Перехідний горизонт. Перехід за забарвленням та щільністю. Скипання з глибини 35 см.
Pk	75–100 см	Палевий, сухий, суглинистий, щільний, включення білозірки, материнська порода – лесоподібний суглинок.

Ґрунт – чорнозем приазовський 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): $\frac{СГ_{0-1}}{\text{тін.} - \text{III}}$ 10 Д. зв.

Тип лісорослинних умов – суглинок сухий (СГ₀₋₁).

Тип світлової структури – тінювий, з підсиленням світловим станом.

Тип деревостану – 10 Д. зв., III ступень розвитку, віком 30–40 років, знаходиться 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

Neol	0–8 см	Еоловий відклад, темно-сірий, вологуватий, пилювато-грудкуватої структури, супіщаний, значна насиченість корінням трав'янистої рослинності. Перехід чіткий за щільністю та шаром мінералізованої трав'янистої рослинності.
[Н(е)]	8–46 см	Похований гумусовий горизонт, сірий, сухий, дрібно-грудкуватої структури, суглинистий, щільний, значно насичений корінням. Перехід за щільністю та насиченням корінням.
[Нрк(i)]	46–70 см	Світло-сірий, сухий, дрібно-грудкуватий, суглинистий, ущільнений, суглинистий. Перехід за забарвленням та щільністю. Скипання з глибини 60 см.
[Pk]	70–120 см	Палевий, сухий, суглинистий, щільний, включення білозірки, материнська порода – лесоподібний суглинок.

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

Для контролю на відстані 50 м на захід від лісосмуги на вільному полі було закладено пробну площу АН–В2 з ґрунтовим розрізом.

Макроморфологічна характеристика ґрунтового розрізу ПП АН–В2

Нор	0–10 см	Орний шар, гумусовий, сірий, сухий, дрібно-грудкуватої структури, суглинистий, пухкий, значна насиченість корінням трав'янистої рослинності. Перехід чіткий за щільністю та насиченістю кореннями трав'янистої рослинності.
Нр	10–36 см	Гумусовий горизонт, сірий, сухий, дрібно-грудкуватої

		структури, суглинистий, ущільнений, насичений корінням. Перехід за щільністю та забарвленням.
Phk	36–56 см	Світло-сірий, сухий, дрібно-грудкуватий, суглинистий, ущільнений, суглинистий. Перехід за забарвленням та щільністю. Скипання з глибини 47 см.
Pks	56–120 см	Палевий, сухий, суглинистий, щільний, включення білозірки, материнська порода – лесоподібний суглинок.

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

Питому β -активність золи визначали з використанням приладу УМФ-1500 (за калійним еталоном β -активності). Для розрахунку питомої β -активності еолово-ґрунтових відкладів та ґрунтів визначали коефіцієнт озолення за Д. М. Гродзинським (1965).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Дослідження природної бета-активності еолово-ґрунтових відкладів на чорноземах звичайних лісопокрашених виявили, що поверхневому шару H_1eol пробної площі 203 притаманна менша бета-активність порівняно з нижнім шаром H_2eol (табл. 1). Це пояснюється відмінностями цих шарів за гранулометричним складом: шар H_1eol характеризується супіщаним гранулометричним складом, а шар H_2eol – суглинистим. Для похованого ґрунту спостерігається збільшення бета-активності з глибиною, що зумовлено таким самим характером збільшення вмісту фізичної глини у нижніх генетичних горизонтах. При цьому мінімальна бета-активність спостерігається у похованому гумусовому горизонті. Оскільки різниця між еолово-ґрунтовими відкладами та похованим гумусовим горизонтом за величиною бета-активності дуже незначна, можна стверджувати про формування їх певної спорідненості протягом 40 років.

Таблиця 1

**Бета-активність еолово-ґрунтових відкладів полезахисних лісосмуг
Присамар'я Дніпровського**

Генетичний горизонт	Коефіцієнт озолення	Питома β -активність ґрунту, 10^{-10} кюрі/кг
ПП 203		
H_1eol	0,885	99,9
H_2eol	0,894	101,5
[H]	0,896	98,4
[Hp]	0,906	109,4
[Ph]	0,920	110,0
ПП 202		
Hor	0,902	106,1
H	0,924	111,3
HP	0,940	103,2
Pk	0,950	120,0

Максимальна бета-активність чорнозему звичайного пробної площі 202 виявлено у нижньому горизонті Pk, яка зумовлена збільшеним вмістом фізичної глини порівняно з іншими горизонтами. Гумусовий горизонт H також відрізняється збільшеною бета-активністю, що свідчить про його відносно важкий гранулометричний склад та значний вміст органічних речовин (Гродзинский, 1965). Орний та перехідний горизонти за величиною бета-активності займають проміжне значення.

Еолово-ґрунтовий відклад $Neol$ на чорноземах приазовських лісопокрашених пробної площі ЧП–В1 характеризується підвищеною бета-активністю порівняно з похованим ґрунтом (табл. 2), що свідчить про їх генетичну відмінність. Збільшена величина бета-активності відкладів може бути результатом накопичення у цьому шарі калію внаслідок видування еолово-ґрунтового матеріалу з засолених ґрунтів. У похованому ґрунті величина бета-активності збільшується з глибиною.

Таблиця 2

Бета-активність еолово-грунтових відкладів полезахисних лісосмуг Приазов'я

Генетичний горизонт	Коефіцієнт озолення	Питома β -активність ґрунту, 10^{-10} кюрі/кг
ЧП–В1		
Neol	0,852	102,6
[H]	0,896	92,0
[Hp]	0,879	99,6
[Ph]	0,913	112,8
ЧП–В2		
Нор	0,899	110,8
Н	0,895	97,8
Ph	0,923	98,4
Pk	0,928	103,9

Збільшена величина бета-активності орного шару Нор чорнозему приазовського пробної площі ЧП–В2 порівняно з іншими горизонтами може свідчити про залучення до цього горизонту збагаченого калієм еолово-грунтового матеріалу.

Еолово-грунтовий відклад Neol на темно-каштанових лісопокращених ґрунтах пробної площі АН–В1 відрізняється меншою бета-активністю порівняно з похованим ґрунтом (табл. 3) внаслідок його більш легкого супіщаного гранулометричного складу. Горизонти [Hpk(i)] та [Pk] майже не відрізняються за величиною бета-активності. Збільшення бета-активності нижнього горизонту зумовлено деяким засоленням та важким гранулометричним складом материнської породи.

Таблиця 3

Бета-активність еолово-грунтових відкладів полезахисних лісосмуг Асканії-Нова

Генетичний горизонт	Коефіцієнт озолення	Питома β -активність ґрунту, 10^{-10} кюрі/кг
АН–В1		
Neol	0,892	97,4
[H(e)]	0,916	108,9
[Hpk(i)]	0,928	108,3
[Pk]	0,936	113,0
АН–В2		
Нор	0,921	137,4
Нр	0,921	109,7
Phk	0,930	115,8
Pks	0,931	93,4

Максимальна бета-активність орного шару Нор темно-каштанового ґрунту пробної площі АН–В2 може свідчити про його засолення. Збільшена величина бета-активності горизонту Phk зумовлена збільшеним вмістом у цьому горизонті фізичної глини. Нижній горизонт характеризується мінімальною бета-активністю.

ВИСНОВКИ

1. Дослідження бета-активності 40-річних еолово-грунтових відкладів на чорноземах звичайних лісопокращених виявило їх певну спорідненість с похованим гумусовим горизонтом.

2. Бета-активність свіжих (3–5-річних) еолово-грунтових відкладів, які утворилися на чорноземах приазовських лісопокращених та темно-каштанових лісопокращених ґрунтах, та похованих під ними ґрунтів свідчить про їх генетичну відмінність, гетерогенність та відносну екологічну несумісність із зональними ґрунтами.

3. З часом (30–40 років і більше) спостерігається формування певної спорідненості еолово-грунтових відкладів з гумусовим горизонтом похованих під ними ґрунту.

3. Чорноземні та темно-каштанові лісопокращені ґрунти характеризуються меншими величинами бета-активності порівняно із зональними ґрунтами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Вадюнина А. Ф.** Методы исследования физических свойств почвы / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М. : Агропромиздат, 1986. – С. 390-395.
- Волков Г. Д.** Радиобиология / Г. Д. Волков, В. А. Липин, Д. П. Черкасов. – М. : Колос, 1964. – С. 76-87.
- Гродзинский Д. М.** Естественная радиоактивность растений и почв / Д. М. Гродзинский. – К. : Наукова думка, 1965. – 216 с.
- Гудков И. Н.** Основы общей и сельскохозяйственной радиобиологии / И. Н. Гудков. – К. : Изд-во УСХА, 1991. – С. 35.
- Почвоведение** / Под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. Ч. 1. Почва и почвообразование. – М. : Высш. шк., 1988. – С. 217-229.
- Травлеев А. П.** Изучение естественной радиоактивности лесных биогеоценозов юго-востока УССР / А. П. Травлеев, Т. М. Антоненко, А. Г. Лындя // Вопросы степного лесоведения и охраны природы. – Д. : ДГУ, 1975. – Вып. 5. – С. 13-19.
- Черкасов Е. Ф.** Радиационная гигиена / Е. Ф. Черкасов, В. Ф. Кириллов. – М. : Медицина, 1974. – С. 57-72.

Надійшла до редколегії 08.10.10

ХІМІЯ ҐРУНТІВ

УДК 631.416:631.445.152

О. М. Казюта

СОЛЬОВИЙ РЕЖИМ ҐРУНТІВ ЗАПЛАВИ СЕРЕДНЬОЇ ТЕЧІЇ РІЧКИ СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ У ЛІСОСТЕПОВІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ

Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва

Подано оцінку сольового режиму алювіальних ґрунтів середньої течії Сіверського Донця в лісостеповій зоні України. Проведені дослідження показали, що в складі легкорозчинних солей заплавних ґрунтів домінують солі кальцію, тому активність іонів висока, що перешкоджає розвитку солонцювого процесу. Висока активність іонів кальцію і низька натрію в алювіальних ґрунтах заплави р. Сіверський Донець під лісовою і трав'яною рослинністю визначає належність заплавних ґрунтів до категорії несолонцюватих.

Ключові слова: засолення, солонцюватість, концентрація йонів, активність іонів Ca^{2+} , Na^+ , алювіальні ґрунти заплави.

А. Н. Казюта

Харьковский национальный университет им. В. В. Докучаева

СОЛЕВОЙ РЕЖИМ ПОЧВ ПОЙМЫ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕЧКИ СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ УКРАИНЫ

Представлена оценка режима аллювиальных почв среднего течения Северского Донца в лесостепной зоне Украины. Проведенные исследования показали, что в составе легкорастворимых солей пойменных почв доминируют соли кальция, поэтому активность ионов высокая, что препятствует развитию солонцового процесса. Высокая активность ионов кальция и низкая натрия в аллювиальных почвах поймы Северского Донца под лесной и травянистой растительностью определяет принадлежность пойменных почв к категории несолонцовых.

Ключевые слова: засоленность, солонцеватость, концентрация ионов, активность ионов Ca^{2+} , Na^+ , аллювиальные почвы поймы.

A. N. Kazyuta

V. V. Dokuchaev Kharkov National Agrarian University

SALT CONDITIONS OF THE MEADOW SOILS OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF UKRAINE (MIDDLE COURSE OF THE RIVER SIVERSKIY DONETS)

In the article the estimation of a salt condition and an activity of calcium's and sodium's ions of the alluvial soils of middle flow of Siverskiy Donets (the forest-steppe area of Ukraine) is conducted. The given researches showed that calcium salts are prevailing in composition of easy soluble salts. High activity of calcium's ions and low activity of sodium in alluvial meadow soils prove streamside soils to belong to the category of non solonetzic.

Keywords: salts, alkalinity, concentration of ions, activity of ions of Ca^{2+} , Na^+ , alluvial meadow soils.

У річкових долинах Лісостепу України зустрічаються поверхневі солепрояви. Можливо, це пов'язано з наявністю значних джерел водорозчинних солей у надрах Дніпровсько-Донецької структури та зі сприятливими умовами їх транспорту з глибинних джерел. Глибинну концепцію засолення ґрунтів, як відомо, розробив О. Н. Соколовський (1941). У подальшому розробку концепції продовжили

А. Ф. Яровенко (1962) та Г. С. Гринь (1939). На думку О. О. Кирєєва (1962), який є прихильником кріогенної теорії, у процесах поверхневих солепроявів провідна роль належить клімату.

Вивчення засоленних ґрунтів має давню історію. Крім названих вище дослідників класичними з цього питання є праці В. А. Ковди (1937, 1939, 1946, 1947), І. М. Антипова-Каратаєва (1953), О. М. Можейка (1939, 1935, 1958, 1960, 1964), В. І. Михайлюка (1994, 1999, 2000, 2001), Н. І. Базилевич і О. І. Панкової (1973), E. Bresler, B. L. McNeal, D. L. Carter (1982) та ін.

Узагальнюючі роботи, присвячені питанням походження, накопичення, перерозподілу солей, географії сольових акумуляцій, можна визначити, що засолені ґрунти найчастіше розвиваються при засоленні материнських порід та при близькому заляганні підґрунтових вод, мінералізація і рівень яких визначають тип і ступінь засолення ґрунтів. Можливе також засолення ґрунтів при випаданні солей із атмосфери (теорія імпульверизації) та біологічним шляхом (за В. Р. Вільямсом).

Солонці формуються під дією обмінного натрію при розсоленні солончаків. В умовах зрошення часто відбувається вторинне засолення й осолонцювання ґрунтів при близькому заляганні ґрунтових вод. Співробітниками Інституту ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського розроблені нові показники і параметри ступеня вторинної солонцюватості ґрунтів та нові ефективні комплексні заходи попередження, засолення та осолонцювання зрошувальних земель (Балюк, 2002; Класифікація ґрунтів за ступенем вторинної солонцюватості, 1999; Полупан, 1999). Оскільки солонцюваті ґрунти найбільш поширені в заплавах річок Лісостепу і Степу України, показники солонцюватості зрошуваних земель можуть використовуватися і для алювіальних заплавноїх ґрунтів при вивченні їх генезису.

Наші дослідження проведені в межах заплави середньої течії долини річки Сіверський Донець під лісовою та трав'яною рослинністю в межах Скрипаївського навчлігоспу Зміївського району Харківської області. Тут у прирусловій частині заплави сформувалися алювіальний лучний шаруватий середньосуглинковий ґрунт на заплавному алювії (розріз 1) під лісовою рослинністю та алювіальний лучний дерновий шаруватий супіщаний ґрунт, що підстиляється двома похованими ґрунтами (розріз 6) під травами. Центральна заплава представлена алювіальним лучним карбонатним легкоглинистим ґрунтом, що підстиляється похованим ґрунтом на мергелі (розріз 2) під запоною лісу та лучним алювіальним глибоким карбонатним важкосуглинковим ґрунтом (розріз 4) під трав'яним покривом. У межах притерасового зниження нами були описані такі ґрунти: алювіальний лучно-болотний карбонатний легкоглинистий ґрунт на заплавному алювії (розріз 3) під лісом та алювіальний лучно-болотний карбонатний легкоглинистий ґрунт на сучасному алювії (розріз 5) у межах трав'яного випасу.

Деревостан лісової заплави (з першим і другим бонітетом) складається з дуба звичайного в першому ярусі, клена польового – у другому. У чагарниковому ярусі найбільш поширені бузина чорна, бруслина європейська та бородавчаста; у трав'янистому – дудник лісовий, кропива дводомна, розхідник шорсткий, гравілат міський, копитняк, ряс, конвалія та ін.

Рослинний покрив заплави під луками складний і різноманітний. Типи трав'янистої рослинності корелюють з типами заплав. Найбільше видів (25–30 на 1 м²) – у центральній заплаві, у прирусловій – до 15–20 видів на 1 м², у притерасній – 10–15 видів на 1 м².

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Зразки для визначення сольового складу ґрунтів заплави відбирали в три строки: навесні – після закінчення повені, влітку та восени. Аналіз зразків проводили загальноприйнятими методами (Практикум по почвоведенню, 1980): іон Cl^- – з хромово-окислим калієм титруванням 0,02н розчином $AgNO_3$; іон SO_4^{2-} – ваговим методом з використанням $BaCl_2$; іон HCO_3^- – титруванням 0,01н розчином H_2SO_4 в присутності метилоранжу; Ca^{2+} і Mg^{2+} – титруванням 0,05н розчином трилону Б; K^+ і Na^+ – методом полуменевої фотометрії (Інструкція з проведення ґрунтово-сольової зйомки на зрошуваних землях України, 2002).

Визначення активності іонів Ca^{2+} і Na^{+} проводили в ґрунтовій пасті, доведений до межі текучості за балансирним конусом А. М. Васильєва (Інструкція з проведення ґрунтово-сольової зйомки на зрошуваних землях України, 2002). Зразки відбирали в трикратному повторенні, один – із розрізу, а два – з бурових свердловин біля розрізу в межах майданчика розміром 10×10 м. Активність іонів Ca^{2+} визначали на йонометрі И-150М мембранними електродами ЕМ-Са-01, а Na – скляними електродами ЕСЛ –57-11.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Дослідження динаміки сольового складу водної витяжки алювіальних ґрунтів (табл. 1-6) показали, що в усіх ґрунтах заплави як під лісом, так і під луками склад водної витяжки однотипний. Серед аніонів переважають гідрокарбонати та сульфати. Кількість хлоридів була незначною (0,001–0,007 %). Серед катіонів переважають іони Ca^{2+} . Кількість іонів Mg^{2+} складає 0,001–0,005 %. Уміст одновалентних катіонів K^{+} і Na^{+} в сумі не перевищує 0,010 %. За класифікацією Н. І. Базилевич та Є. І. Панкової (1973) у назву типу засолення за аніонним складом включають ті аніони, уміст яких перевищує 20 % від суми аніонів у мг-екв. Для алювіальних ґрунтів заплави р. Сіверський Донець переважними аніонами у витяжці є HCO_3^{-} і SO_4^{2-} (див. табл. 1–6), тому тип засолення заплавлених ґрунтів визначається як сульфатно-гідрокарбонатний для верхньої частини профілю і гідрокарбонатно-сульфатний – для нижньої його частини. При цих типах засолення переважним катіоном є Ca^{2+} . Його вміст перевищує інші катіони більше ніж у два рази. Тому тип засолення за катіонним складом буде кальцієвий. Якщо до уваги необхідно брати не один, а два катіони, то для верхніх горизонтів профілю хімізм засолення за катіонним складом можна вважати магнезіально-кальцієвий, а для нижньої частини більш характерний натрієво-кальцієвий.

Кількісний склад солей у заплавлених ґрунтах залежить від наявності повені, гідротермічних умов року, рельєфу заплави, рослинності й від інших факторів. Найменша кількість сухого залишку (0,1 %), легкорозчинних солей (0,05–0,07 %) відмічалася в лучних ґрунтах прируслової частини заплави (табл. 1, 2). У верхніх горизонтах профілю сухого залишку більше під лісом (0,08–0,10 %); униз по профілю його менше. Під трав'яною рослинністю, навпаки, уміст сухого залишку більший у нижній частині профілю.

У лучних ґрунтах центральної частини заплави (табл. 3, 4) уміст солей був дещо більшим. У середньому за роки досліджень гідрокарбонатів у гумусовому горизонті цих ґрунтів було більше під запоною лісу (залежно від сезону року їх кількість складала 0,56–1,16 мг-екв) порівняно з лучним фітоценозом (0,42–0,81 мг-екв). Уміст сульфатів відповідно складав 0,35–0,85 мг-екв та 0,38–0,66 мг-екв. Профільний розподіл аніонів був такий: уміст гідрокарбонатів зменшувався вниз по профілю, а сульфатів – збільшувався. Кількість хлоридів не перевищувала 0,005 %. За вмістом легкорозчинних солей (не більше 0,15 %) і сухого залишку (до 0,25 %) лучні ґрунти центральної заплави незасолені.

Розподіл солей у профілі лучно-болотних ґрунтів притерасся більш рівномірний (табл. 5, 6). У середньому за два роки гідрокарбонати у водній витяжці переважали у весняний період. У літньо-осінній період було більше сульфатів. Серед катіонів домінує кальцій, але збільшується і кількість натрію. Тому в динаміці хімізм засолення за аніонним складом змінювався від сульфатно-гідрокарбонатного до карбонатно-сульфатного, який більш виражений під трав'яною рослинністю. За катіонним складом хімізм засолення переважно кальцієвий, але його можна характеризувати і як магнезіально-кальцієвий (для верхніх горизонтів), і як натрієво-кальцієвий (для нижніх горизонтів профілю). За кількістю солей та вмістом сухого залишку лучно-болотні ґрунти не засолені, оскільки сума розчинних солей менша за 0,2 % (Мигунова, 1978). Слід враховувати також наявність токсичних іонів і солей. За результатами досліджень О. С. Мигунової (Тихоненко, 1989) встановлено, що при вмісті в ґрунті аніонів CO_3^{2-} , Cl^{-} , SO_4^{2-} вище відповідно 0,005–0,01 %, 0,01–0,02 % і 0,1–0,3 % пригнічуються ріст і розвиток дуба і ясеня, що зростають у заплавах. Кількість токсичних іонів і солей в алювіальних ґрунтах заплави Сіверського Донця не перевищує поріг токсичності (див. табл. 7). У водній витяжці йони CO_3^{2-} відсутні, а величина іонів HCO_3^{-} не перевищує поріг токсичності, тому з катіоном Ca^{2+} зв'язуються всі аніони HCO_3^{-} , утворюючи

Таблиця 1

Сольовий склад водної витяжки ґрунтів прируслової заплави середньої течії р. Сіверський Донець

Ґрунт	Угіддя	Глибина, см	Строк відбору зразків	HCO ₃ ⁻		Cl ⁻		SO ₄ ²⁻		Ca ²⁺		Mg ²⁺		K ⁺		Na ⁺		Сума, мг-екв		Сума солей, %
				мг-екв	%	мг-екв	%	мг-екв	%	мг-екв	%	мг-екв	%	мг-екв	%	мг-екв	%	катионів	аніонів	
Лужний алювіальний шаруватий середньо-суглинковий прируслової заплави	ліс	2-10	Весна	0,78	0,048	0,17	0,006	0,61	0,029	1,15	0,023	0,29	0,003	0,07	0,003	0,05	0,001	1,56	1,56	0,089
			Літо	0,74	0,045	0,11	0,004	0,62	0,030	1,02	0,020	0,24	0,003	0,07	0,003	0,14	0,003	1,47	1,47	0,086
			Осінь	0,49	0,030	0,10	0,004	0,87	0,042	1,07	0,021	0,24	0,003	0,05	0,002	0,10	0,002	1,45	1,45	0,088
		10-30	Весна	0,77	0,047	0,19	0,007	0,41	0,020	0,96	0,019	0,29	0,004	0,04	0,001	0,08	0,002	1,37	1,37	0,076
			Літо	0,57	0,035	0,10	0,003	0,47	0,023	0,82	0,016	0,15	0,002	0,05	0,002	0,12	0,003	1,14	1,14	0,066
			Осінь	0,42	0,025	0,08	0,003	0,65	0,031	0,77	0,015	0,23	0,003	0,03	0,001	0,11	0,002	1,14	1,14	0,068
		30-40	Весна	0,60	0,036	0,09	0,003	0,30	0,014	0,62	0,012	0,25	0,003	0,02	0,001	0,10	0,002	0,99	0,98	0,054
			Літо	0,34	0,021	0,07	0,002	0,41	0,019	0,48	0,010	0,15	0,002	0,06	0,002	0,13	0,003	0,82	0,82	0,049
			Осінь	0,20	0,012	0,08	0,003	0,45	0,021	0,46	0,009	0,13	0,002	0,02	0,001	0,11	0,003	0,73	0,72	0,044
		40-70	Весна	0,40	0,024	0,12	0,004	0,25	0,012	0,42	0,008	0,25	0,003	0,02	0,001	0,08	0,002	0,77	0,76	0,042
			Літо	0,21	0,013	0,07	0,002	0,40	0,019	0,36	0,007	0,12	0,001	0,04	0,002	0,14	0,003	0,67	0,67	0,041
			Осінь	0,14	0,008	0,08	0,003	0,32	0,015	0,29	0,006	0,12	0,001	0,03	0,001	0,10	0,002	0,53	0,54	0,033
		70-84	Весна	0,31	0,019	0,12	0,004	0,13	0,006	0,30	0,006	0,18	0,002	0,01	0,000	0,06	0,001	0,55	0,55	0,030
			Літо	0,14	0,009	0,07	0,002	0,31	0,015	0,24	0,005	0,13	0,002	0,02	0,001	0,13	0,003	0,52	0,52	0,032
			Осінь	0,08	0,005	0,09	0,003	0,26	0,012	0,22	0,004	0,12	0,001	0,02	0,001	0,08	0,002	0,43	0,43	0,026
		84-105	Весна	0,30	0,018	0,11	0,004	0,10	0,005	0,28	0,006	0,14	0,002	0,02	0,001	0,06	0,001	0,50	0,49	0,026
			Літо	0,13	0,008	0,07	0,002	0,28	0,013	0,21	0,004	0,10	0,001	0,03	0,001	0,14	0,003	0,47	0,47	0,029
			Осінь	0,11	0,006	0,10	0,003	0,17	0,008	0,17	0,003	0,11	0,001	0,01	0,001	0,07	0,002	0,37	0,37	0,022

Таблиця 2

Сольовий склад водної витяжки ґрунтів прируслової заплави середньої течії р. Сіверський Донець

Ґрунт	Угіддя	Глибина, см	Строк відбору зразків	HCO ₃ ⁻		Cl ⁻		SO ₄ ²⁻		Ca ²⁺		Mg ²⁺		K ⁺		Na ⁺		Сума, мг-екв		Сума солей, %
				мг-екв	%	мг-екв	%	мг-екв	%	мг-екв	%	мг-екв	%	мг-екв	%	мг-екв	%	катионів	аніонів	
Лучиний алювіальний шаруватий супіщаний на похованому ґрунті	Луки	0-10	Весна	0,42	0,026	0,15	0,005	0,38	0,018	0,68	0,014	0,17	0,002	0,03	0,001	0,07	0,002	0,95	0,94	0,054
			Літо	0,36	0,022	0,11	0,004	0,43	0,021	0,56	0,011	0,19	0,002	0,03	0,001	0,11	0,003	0,90	0,90	0,053
			Осінь	0,29	0,017	0,09	0,003	0,67	0,032	0,64	0,013	0,23	0,003	0,03	0,001	0,13	0,003	1,04	1,04	0,064
		10-27	Весна	0,46	0,028	0,12	0,004	0,29	0,014	0,56	0,011	0,20	0,002	0,01	0,000	0,10	0,002	0,87	0,87	0,048
			Літо	0,28	0,017	0,10	0,003	0,40	0,019	0,44	0,009	0,15	0,002	0,02	0,001	0,16	0,004	0,78	0,77	0,046
			Осінь	0,17	0,010	0,08	0,003	0,42	0,020	0,34	0,007	0,15	0,002	0,02	0,001	0,16	0,004	0,66	0,66	0,040
		27-50	Весна	0,44	0,027	0,15	0,005	0,33	0,016	0,58	0,012	0,17	0,002	0,01	0,001	0,15	0,003	0,91	0,91	0,052
			Літо	0,28	0,017	0,11	0,004	0,49	0,024	0,43	0,009	0,14	0,002	0,03	0,002	0,27	0,006	0,88	0,88	0,054
			Осінь	0,14	0,009	0,07	0,002	0,55	0,026	0,31	0,006	0,14	0,002	0,06	0,001	0,25	0,006	0,75	0,76	0,049
		50-76	Весна	0,41	0,025	0,17	0,006	0,44	0,021	0,57	0,011	0,22	0,003	0,01	0,001	0,20	0,004	1,01	1,00	0,058
			Літо	0,28	0,017	0,07	0,003	0,65	0,031	0,50	0,010	0,19	0,002	0,03	0,001	0,29	0,007	1,00	1,01	0,062
			Осінь	0,35	0,021	0,09	0,003	0,60	0,029	0,40	0,008	0,18	0,002	0,03	0,001	0,26	0,006	1,04	0,86	0,060
		76-105	Весна	0,40	0,024	0,19	0,006	0,50	0,024	0,49	0,010	0,28	0,003	0,03	0,001	0,28	0,006	1,08	1,08	0,063
			Літо	0,20	0,012	0,11	0,004	0,65	0,031	0,45	0,009	0,19	0,002	0,03	0,001	0,28	0,007	0,96	0,96	0,060
			Осінь	0,17	0,010	0,10	0,003	0,74	0,035	0,42	0,008	0,18	0,002	0,02	0,001	0,39	0,009	1,00	1,00	0,064

Таблиця 3

Сольовий склад водної витяжки ґрунтів центральної заплави середньої течії р. Сіверський Донець

Ґрун	Угіддя	Глибина, см	Строк відбор у зразків	HCO ₃ ⁻		Cl ⁻		SO ₄ ²⁻		Ca ²⁺		Mg ²⁺		K ⁺		Na ⁺		Сума, мг-екв		Сума солей, %
				мг-екв	%	мг-екв	%	мг-екв	%	мг-екв	%	мг-екв	%	мг-екв	%	мг-екв	%	катионів	аніонів	
Лужний алювіальний карбонатний легкоглинистий центральної заплави	Ліс	2-10	Весна	1,16	0,07 ₀	0,14	0,00 ₅	0,36	0,01 ₇	1,18	0,02 ₄	0,36	0,00 ₄	0,06	0,00 ₂	0,06	0,00 ₁	1,65	1,65	0,08 ₉
			Літо	0,95	0,05 ₈	0,08	0,00 ₃	0,64	0,03 ₁	1,24	0,02 ₅	0,23	0,00 ₃	0,09	0,00 ₃	0,12	0,00 ₃	1,67	1,67	0,09 ₆
			Осінь	0,61	0,03 ₇	0,12	0,00 ₄	0,85	0,04 ₁	1,15	0,02 ₃	0,21	0,00 ₃	0,06	0,00 ₂	0,14	0,00 ₃	1,57	1,56	0,09 ₄
		10-30	Весна	0,88	0,05 ₃	0,13	0,00 ₄	0,44	0,02 ₁	1,01	0,02 ₀	0,35	0,00 ₄	0,02	0,00 ₁	0,06	0,00 ₁	1,44	1,44	0,07 ₉
			Літо	0,74	0,04 ₅	0,08	0,00 ₃	0,58	0,02 ₈	1,03	0,02 ₁	0,13	0,00 ₂	0,05	0,00 ₂	0,19	0,00 ₄	1,40	1,40	0,08 ₂
			Осінь	0,56	0,03 ₄	0,08	0,00 ₃	0,60	0,02 ₉	0,88	0,01 ₈	0,16	0,00 ₂	0,04	0,00 ₂	0,19	0,00 ₄	1,24	1,27	0,07 ₄
		30-45	Весна	0,73	0,04 ₄	0,12	0,00 ₄	0,40	0,01 ₉	0,87	0,01 ₇	0,29	0,00 ₄	0,02	0,00 ₁	0,08	0,00 ₂	1,25	1,26	0,06 ₉
			Літо	0,55	0,03 ₃	0,10	0,00 ₃	0,56	0,02 ₇	0,73	0,01 ₅	0,18	0,00 ₂	0,04	0,00 ₂	0,25	0,00 ₆	1,20	1,19	0,07 ₁
			Осінь	0,39	0,02 ₄	0,08	0,00 ₃	0,63	0,03 ₀	0,64	0,01 ₃	0,15	0,00 ₂	0,01	0,00 ₀	0,22	0,00 ₅	1,10	1,02	0,06 ₅
		45-70	Весна	0,52	0,03 ₁	0,13	0,00 ₄	0,21	0,01 ₀	0,37	0,00 ₇	0,31	0,00 ₄	0,01	0,00 ₀	0,15	0,00 ₃	0,85	0,85	0,04 ₅
			Літо	0,31	0,01 ₉	0,08	0,00 ₃	0,41	0,02 ₅	0,34	0,00 ₇	0,11	0,00 ₁	0,03	0,00 ₁	0,31	0,00 ₇	0,80	0,80	0,04 ₉
			Осінь	0,20	0,01 ₂	0,08	0,00 ₃	0,52	0,02 ₈	0,28	0,00 ₆	0,14	0,00 ₂	0,02	0,00 ₁	0,33	0,00 ₈	0,80	0,77	0,04 ₉
70-95			Весна	0,39	0,02 ₃	0,13	0,00 ₅	0,17	0,00 ₈	0,31	0,00 ₆	0,13	0,00 ₂	0,01	0,00 ₀	0,23	0,00 ₅	0,68	0,68	0,03 ₈
			Літо	0,26	0,01 ₆	0,07	0,00 ₂	0,47	0,02 ₂	0,32	0,00 ₆	0,11	0,00 ₁	0,02	0,00 ₁	0,36	0,00 ₈	0,80	0,80	0,05 ₀
			Осінь	0,13	0,00 ₈	0,08	0,00 ₃	0,51	0,02 ₄	0,24	0,00 ₅	0,12	0,00 ₁	0,03	0,00 ₁	0,34	0,00 ₈	0,72	0,72	0,04 ₆

Таблиця 5

Сольовий склад водної витяжки ґрунтів притерасного зниження середньої течії р. Сіверський Донець

Грунт	Угіддя	Глибина, см	Строк відбору у зразків	HCO ₃ ⁻		Cl ⁻		SO ₄ ²⁻		Ca ²⁺		Mg ²⁺		K ⁺		Na ⁺		Сума, мг-екв		Сума солей, %
				мг-екв	%	мг-екв	%	мг-екв	%	мг-екв	%	мг-екв	%	мг-екв	%	мг-екв	%	катионів	аніонів	
Лужно-болотний алювіальний притерасного зниження	Ліс	2-10	Весна	1,11 ₇	0,06 ₇	0,16 ₆	0,00 ₆	0,53 ₅	0,02 ₅	1,28 ₆	0,02 ₆	0,22 ₃	0,00 ₃	0,05 ₂	0,00 ₂	0,22 ₅	0,00 ₅	1,79 ₀	1,78 ₀	0,10 ₀
			Літо	0,85 ₂	0,05 ₂	0,10 ₄	0,00 ₄	0,72 ₅	0,03 ₅	1,22 ₄	0,02 ₄	0,16 ₂	0,00 ₂	0,05 ₂	0,00 ₂	0,23 ₅	0,00 ₅	1,68 ₈	1,67 ₈	0,09 ₈
			Осінь	0,84 ₁	0,05 ₁	0,11 ₄	0,00 ₄	0,60 ₉	0,02 ₉	1,08 ₂	0,02 ₂	0,22 ₃	0,00 ₃	0,06 ₂	0,00 ₂	0,21 ₅	0,00 ₅	1,55 ₈	1,57 ₈	0,09 ₀
		10-30	Весна	0,83 ₀	0,05 ₀	0,16 ₅	0,00 ₅	0,51 ₄	0,02 ₄	0,85 ₇	0,01 ₇	0,23 ₃	0,00 ₃	0,03 ₁	0,00 ₁	0,35 ₈	0,00 ₈	1,49 ₄	1,45 ₄	0,08 ₄
			Літо	0,69 ₂	0,04 ₂	0,10 ₄	0,00 ₄	0,82 ₉	0,03 ₉	0,99 ₀	0,02 ₀	0,21 ₃	0,00 ₃	0,04 ₂	0,00 ₂	0,36 ₈	0,00 ₈	1,61 ₆	1,61 ₆	0,09 ₆
			Осінь	0,47 ₉	0,02 ₉	0,07 ₂	0,00 ₂	0,81 ₉	0,03 ₉	0,89 ₈	0,01 ₈	0,21 ₃	0,00 ₃	0,02 ₁	0,00 ₁	0,21 ₅	0,00 ₅	1,35 ₈	1,34 ₈	0,08 ₂
		30-45	Весна	0,57 ₄	0,03 ₄	0,15 ₅	0,00 ₅	0,47 ₂	0,02 ₂	0,57 ₁	0,01 ₁	0,22 ₃	0,00 ₃	0,01 ₁	0,00 ₁	0,37 ₈	0,00 ₈	1,18 ₂	1,17 ₂	0,06 ₂
			Літо	0,51 ₁	0,03 ₁	0,08 ₃	0,00 ₃	0,75 ₆	0,03 ₆	0,65 ₃	0,01 ₃	0,17 ₂	0,00 ₂	0,02 ₁	0,00 ₁	0,51 ₂	0,01 ₂	1,34 ₈	1,34 ₈	0,08 ₂
			Осінь	0,39 ₄	0,02 ₄	0,10 ₄	0,00 ₄	0,62 ₀	0,03 ₀	0,51 ₀	0,01 ₀	0,11 ₁	0,00 ₁	0,02 ₁	0,00 ₁	0,46 ₁	0,01 ₁	1,12 ₈	1,10 ₈	0,06 ₈
		45-70	Весна	0,50 ₁	0,03 ₁	0,18 ₆	0,00 ₆	0,68 ₃	0,03 ₃	0,54 ₁	0,01 ₁	0,21 ₂	0,00 ₂	0,02 ₁	0,00 ₁	0,64 ₅	0,01 ₅	1,36 ₃	1,41 ₃	0,08 ₃
			Літо	0,47 ₈	0,02 ₈	0,12 ₄	0,00 ₄	1,06 ₁	0,05 ₁	0,60 ₂	0,01 ₂	0,23 ₃	0,00 ₃	0,01 ₁	0,00 ₁	0,80 ₈	0,01 ₈	1,64 ₃	1,64 ₃	0,10 ₃
			Осінь	0,38 ₃	0,02 ₃	0,16 ₆	0,00 ₆	0,95 ₅	0,04 ₅	0,56 ₁	0,01 ₁	0,25 ₃	0,00 ₃	0,01 ₁	0,00 ₁	0,66 ₅	0,01 ₅	1,49 ₅	1,48 ₅	0,09 ₅

нетоксичну сіль $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Сульфатні йони за розрахунком входять до складу як нетоксичних солей, так і токсичних. Йони хлору всі токсичні за рахунок утворення токсичної солі MgCl_2 . Кількість токсичних солей залежить не тільки від складу солей, але й від гранулометричного складу ґрунтів і їх зволоження, виду рослин тощо. Їх було більше в лучно-болотному ґрунті притерасового зниження (0,053 %). У лучному ґрунті центральної заплави під лісом уміст токсичних солей становив 0,030–0,027 % у межах гумусового горизонту і 0,031 % у шарі ґрунту 30–100 см. Найменша кількість токсичних іонів і солей відмічалась у лучному шаруватому середньосуглинковому ґрунті прируслової заплави (0,025–0,026 % у гумусовому горизонті і 0,019 % у шарі ґрунту 30–100 см).

Активність іонів кальцію і натрію в заплавних ґрунтах вивчена недостатньо (Кирошка, 1973; Потенціометричні методи визначення активності йонів водню, натрію та кальцію в зрошувальних водах та ґрунтах, 1997), а під лісовим ценозом в ґрунтах цього регіону дослідження практично не проводилися.

Результати наших досліджень показали, що алювіальні ґрунти заплави р. Сіверський Донець на початку його середньої течії характеризуються високою активністю йонів Ca^{2+} і порівняно низькою активністю йонів Na^+ (табл. 8, 9). Характеризуючи показники активності йонів Ca^{2+} і Na^+ у динаміці (весна, літо, осінь) за 1999 і 2000 роки, слід відзначити, що вони залежали від багатьох чинників: гранулометричного складу ґрунтів, вмісту гумусу та обмінно-поглинутих катіонів Ca^{2+} і Na^+ , температури та вологості ґрунтів, концентрації йонів Ca^{2+} і Na^+ у водній витяжці, рослинності тощо.

Таблиця 8

Середні показники активності йонів кальцію та натрію в ґрунтах заплави середньої течії р. Сіверський Донець під лісом

Ґрунт	Генетичний горизонт	Глибина, см	Активність іонів, мг-екв/л					
			aCa			aNa		
			весна	літо	осінь	весна	літо	осінь
Алювіальний лучний шаруватий середньосуглинковий на заплавному алювії	Hall	2–10	16,00	14,94	15,57	0,32	0,33	0,29
	Hall	10–30	18,32	17,32	17,71	0,28	0,30	0,29
	Hpall	30–40	15,17	14,76	14,72	0,23	0,24	0,23
	Phallgl	40–70	9,83	9,79	9,99	0,25	0,26	0,25
	P(h)allgl	70–84	7,69	7,89	7,71	0,28	0,30	0,29
	Pallgl	84–102	5,15	5,18	5,43	0,37	0,39	0,36
Алювіальний лучний карбонатний легкоглинистий ґрунт, що підстилається похованим ґрунтом на мергелі	Hallk	2–10	26,59	27,75	30,16	0,38	0,42	0,39
	Hallk	10–30	28,82	29,85	32,34	0,48	0,50	0,46
	Hpallk	30–45	24,51	25,48	27,85	0,54	0,57	0,54
	Phallgk	45–70	21,82	23,15	25,34	0,85	0,91	0,85
	Hpallgk(fs)	70–94	20,50	21,94	23,91	0,91	0,96	0,90
Алювіальний лучно-болотний карбонатний легкоглинистий ґрунт на заплавному алювії	Hallk	2–10	27,07	28,38	31,18	0,59	0,63	0,60
	Hallk	10–35	27,85	28,83	31,64	0,65	0,72	0,66
	Hpallgk	35–65	25,01	26,05	27,66	0,76	0,80	0,74
	PhallGk	65–108	21,95	23,24	25,17	0,98	1,04	0,98

Так, за результатами дворічних досліджень встановлено тісний кореляційний зв'язок між активністю іонів Ca^{2+} і Na^+ та вмістом обмінно-поглинутих катіонів (коєфіцієнт кореляції 0,63–0,97). Переважно спостерігався прямий зв'язок між активністю іонів Ca^{2+} і Na^+ та їх концентрацією у водній витяжці.

Як показують дані табл. 8, 9, активність іонів Ca^{2+} максимальна в межах гумусового горизонту.

Таблиця 9

Середні показники активності іонів кальцію та натрію в ґрунтах заплави середньої течії р. Сіверський Донець під луками

Ґрунт	Генетичний горизонт	Глибина, см	Активність іонів, мг-екв/л					
			aCa			aNa		
			весна	літо	осінь	весна	літо	осінь
Лучний алювіальний дерновий шаруватий супіщаний ґрунт, що підстилається двома похованими ґрунтами	Phdall	0–10	12,97	13,22	13,87	0,61	0,66	0,60
	HPallfs ₁	10–27	14,74	15,12	15,56	0,67	0,72	0,67
	Hallglfs ₂	27–50	13,22	13,52	14,14	0,79	0,83	0,75
	Hpallglfs	50–77	11,40	11,63	12,24	0,88	0,91	0,85
	Hallglfs	77–95	10,22	10,35	11,04	0,97	0,99	0,91
Лучний алювіально-глибокий карбонатний важкосуглинковий ґрунт	Hdall	0–8	22,84	23,55	24,94	0,59	0,63	0,59
	Hdallk	8–55	23,08	24,30	25,71	0,60	0,63	0,59
	Hpall(gl)k	55–65	22,39	23,11	24,51	0,70	0,73	0,68
	PhallGlk	65–83	20,20	21,10	22,85	0,87	0,92	0,87
Алювіальний лучно-болотний карбонатний легкоглинистий ґрунт на сучасному алювії	Hdall	0–8	22,68	22,61	24,36	0,72	0,72	0,66
	Hdallk	8–22	23,77	24,14	25,71	0,73	0,74	0,66
	Hallglk	22–42	21,79	22,71	24,07	0,76	0,77	0,71
	HpallGlk	42–55	20,45	21,03	22,82	0,81	0,81	0,75
	HfsGlk	55–76	18,77	19,67	21,46	0,92	0,90	0,75

У лучному середньосуглинковому ґрунті прируслової лісової заплави в середньому за два роки протягом вегетаційного періоду вона коливалася в межах 16,1–17,3 мг-екв/л, а в лучному і лучно-болотному легкоглинистих ґрунтах центральної і притерасної заплави – 27,4–31,5 мг-екв/л.

Униз по профілю алювіальних заплавних ґрунтів активність іонів Ca^{2+} зменшувалася, а активність іонів Na^+ – збільшувалася. У профілі заплавних ґрунтів активність іонів Na^+ не перевищувала 1 мг-екв/л. Активність іонів Ca^{2+} і Na^+ змінювалась залежно від погодних умов року та його сезонів (див. табл. 8, 9). На ці зміни впливали температура повітря та вологість ґрунту. Так, в умовах посушливого 1999 року активність іонів Ca^{2+} і Na^+ збільшувалася із збільшенням температури, а в помірний по зволоженню 2000 рік ця закономірність порушувалася. Активність іонів Ca^{2+} і Na^+ залежала і від рослинності. У заплавних ґрунтах під дубовим лісом активність іонів Ca^{2+} була вищою, а іонів Na^+ нижчою порівняно з лучною рослинністю.

Ми використовували також співвідношення іонів натрію та кальцію $\frac{aNa}{\sqrt{aCa}}$, за показниками якого можна судити про ступінь солонцюватості ґрунтів (Інструкція з

проведення ґрунтово-сольової зйомки на зрошуваних землях України, 2002). Як показують дані табл. 8, 9, співвідношення $\frac{aNa}{\sqrt{aCa}} < 0,5$ характеризує алювіальні ґрунти заплави р. Сіверський Донець як несолонцюваті.

ВИСНОВКИ

За кількістю легкорозчинних солей, у тому числі й токсичних, алювіальні ґрунти заплави Сіверського Дінця на початку його середньої течії не засолені. За аніонним складом хімізм засолення – сульфатно-гідрокарбонатний у верхній частині профілю та гідрокарбонатно-сульфатний – у нижній, за катіонним складом переважає кальцієвий, але у верхній частині більш поширений магнієво-кальцієвий, а в нижній – натрієво-кальцієвий. Відмічається специфіка засолення ґрунтів під лісовою та трав'яною рослинністю, а також за сезонами року та типом заплави.

Проведені дослідження показали, що в складі легкорозчинних солей заплавлених ґрунтів домінують солі кальцію, тому активність іонів висока, що перешкоджає розвитку солонцевого процесу. Висока активність іонів кальцію і низька натрію в алювіальних ґрунтах заплави р. Сіверський Донець під лісовою і трав'яною рослинністю визначає належність заплавлених ґрунтів до категорії несолонцюватих.

* * *

Роботу виконано під керівництвом д-ра с.-г. наук, проф. Д. Г. Тихоненка.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Антипов-Каратаєв И. Н.** Вопросы происхождения и географического распространения солонцов СССР / И. Н. Антипов-Каратаев // Мелиорация солонцов в СССР. – М. : Изд-во АН СССР, 1953. – С. 11-226.
- Базилевич Н. И.** Характеристика засоленных почв / Н. И. Базилевич, Е. И. Панкова // Засоленные почвы европейской части СССР и Закавказья / Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. – М., 1973. – С. 21-203.
- Балюк С. А.** К вопросу об использовании минерализованных вод для орошения / С. А. Балюк, В. Я. Ладных, Л. И. Мошник // Вісник ХНАУ. – 2002. – № 1. – С. 62-67.
- Гринь Г. С.** К вопросу об источниках засоления почв Среднего Приднепровья / Г. С. Гринь // Зап. Харьк. с.-х. ин-та. – 1939. – Т. 2, вып. 1-2. – С. 149-226.
- ДСТУ 3866-99. Ґрунти.** Класифікація ґрунтів за ступенем вторинної солонцюватості – К. : Держстандарт України, 1999.
- Інструкція** з проведення ґрунтово-сольової зйомки на зрошуваних землях України. – ВНД 33-5.5-11-02. Видання офіційне. – К. : Держ. комітет України з водного господарства, 2002. – 38 с.
- Киреев А. А.** Об условиях формирования солевых горизонтов в лессах Украины / А. А. Киреев // Тез. докл. науч. конф. – Х., 1962. – Вып. 3. – С. 20-22.
- Кирошка И. В.** Активность ионов Na в пойменных почвах долины р. Реут / И. В. Кирошка, М. А. Роман // Тр. Кишинев. с.-х. ин-та. – 1973. – Т. 99. – С. 166-172.
- Ковда В. А.** Происхождение и режим засоленных почв / В. А. Ковда. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1946. – Т. 1. – 573 с.
- Ковда В. А.** Происхождение и режим засоленных почв / В. А. Ковда. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1947. – Т. 2. – 376 с.
- Ковда В. А.** Солонцы / В. А. Ковда // Почвы СССР. – М. ; Л. : Изд. АН СССР, 1939. – Т. 1. – С. 229-348.
- Ковда В. А.** Солончаки и солонцы / В. А. Ковда. – М. : Изд-во АН СССР, 1937. – 246 с.
- Мигунова Е. С.** Лесонасаждения на засоленных почвах / Е. С. Мигунова. – М. : Лесн. пром-сть, 1978. – 144 с.
- Михайлюк В. И.** Осолонцевание почв при сезонно-пульсирующем соленакоплении / В. И. Михайлюк // Тез. доп. IV з'їзду ґрунтознавців і агрохіміків України. – Х. : НДІ ґрунтознавства і агрохімії ім. О. Н. Соколовського, 1994. – С. 144-145.
- Михайлюк В. И.** Процессы засоления грунтовых вод и почв в поймах малых рек юго-запада Украины / В. И. Михайлюк // Генеза, географія та екологія ґрунтів: Зб. наук. пр. – Львів, 1999. – С. 54-58.
- Михайлюк В. І.** Алювіальні солончаки долин малих річок південного заходу України / В. І. Михайлюк // Наук. вісник Чернів. ун-ту: Зб. наук. пр. Вип. 104: Географія. – Чернівці : ЧНУ,

2001. – С. 20-28.

Михайлюк В. І. Процеси соленакопичення в ґрунтах і ґрунтових водах заплавлених і середніх рік південного заходу України / В. І. Михайлюк // Вісник Львів. ун-ту. Сер. географічна. – 2000. – Вип. 27. – С. 131-136.

Можейко А. М. Гипсование солонцеватых каштановых почв / А. М. Можейко // Тр. VI Менделеевского съезда. – Х., 1935. – С. 116-119.

Можейко А. М. О формировании солонцового горизонта почв Среднего Приднепровья и о некоторых приемах их культурного освоения / А. М. Можейко // Исследование плодородия почв Украины / Тр. Харьк. с.-х. ин-та. – Х., 1960. – Т. 27. – С. 58-152.

Можейко А. М. Солонцовые почвы южной части Среднего Приднепровья и их культурное освоение: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / А. М. Можейко. – Х., 1964. – 54с.

Можейко А. М. Солонцы и солонцеватые почвы южной части среднего Приднепровья и их освоение / А. М. Можейко // Тез. докл. I делегат. съезда почвоведов. – М., 1958. – С. 25-27.

Можейко А. М. Хлорирование как метод борьбы с солонцами Среднего Приднепровья / А. М. Можейко // Зап. Харьк. с.-х. ин-та. – Х., 1939. – Т. 11, вып. 1-2. – С. 111-142.

Полупан Н. И. Закономерности формирования вторичного галогенеза в орошаемых почвах Украины / Н. И. Полупан // В. В. Докучаев и современное почвоведение: Сб. науч. тр. / Харьк. гос. агроун-т им. В. В. Докучаева. – Х., 1999. – С. 68-82.

Потенціометричні методи визначення активності іонів водню, натрію та кальцію в зрошувальних водах та ґрунтах: Метод. рекомендації. – К., 1997. – 24с.

Практикум по почвоведенню / Под ред. проф. И. С. Кауричева – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1980.

Соколовский А. Н. Засоленные почвы как одно из солепроявлений на земной поверхности / А. Н. Соколовский // Почвоведение. – 1941. – № 7-8. – С. 3-30.

Тихоненко Д. Г. Активность ионов Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- в пойменных почвах реки Сиверский Донец / Д. Г. Тихоненко, К. Л. М. Байлао // Плодородие почв при интенсивном земледелии: Сб. науч. тр. / Харьк. с.-х. ин-т им. В. В. Докучаева. – Х., 1989. – С. 70-74.

Яровенко А. Ф. Некоторые геохимические показатели засоления ґрунтов Среднего Приднепровья / А. Ф. Яровенко // Тр. Харьк. с.-х. ин-та. – 1962. – Т. 39. – С. 103-119.

Bresler E., McNeal B. L., Carter D. L. Saline and Sodic soils. – New York, 1982. – 295 p.

Надійшла до редколегії 17.01.08

ФОСФОРНЕ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН ТА МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ВИЗНАЧЕННЯ РУХОМИХ СПОЛУК ФОСФОРУ В ҐРУНТІ

Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного Національної Академії наук України

Розглянуто проблеми фосфорного живлення рослин та особливості визначення рухомих сполук фосфору у ґрунті. В огляді подано характеристику широко відомих і сучасних методів (вітчизинських та закордонних) визначення фосфору в ґрунті, а також деякі аспекти вдосконалення ґрунтової діагностики.

Ключові слова: фосфор, рухомі сполуки фосфору, ґрунт, методи визначення.

М. П. Стахів

Институт ботаники им. Н. Г. Холодного Национальной академии наук Украины

ФОСФОРНОЕ ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ФОСФОРА В ПОЧВЕ

Рассмотрены проблемы фосфорного питания растений и особенности определения подвижных соединений фосфора в почве. Представлена характеристика широко известных и современных методов (отечественных и зарубежных) определения фосфора в почве, а также отдельные аспекты совершенствования почвенной диагностики.

Ключевые слова: фосфор, подвижные соединения фосфора, почва, методы определения.

M. P. Stakhiv

Kholodnyi Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine

PHOSPHORUS NUTRITION OF PLANT AND METHOD ASPECTS OF MOBILE PHOSPHORUS COMPOUNDS DETERMINATION IN SOIL

The problems of plant phosphorus nutrition and the main steps of determination of phosphorus compounds in soil are considered. The characteristics of the most distributed and modern determination methods of phosphorus in soil and some aspects of soil diagnostics improvement are presented in review.

Key words: phosphorus, mobile phosphorus compounds, soil, identification methods.

Фосфор є одним із ключових елементів мінерального живлення рослин, який відіграє важливу і центральну роль у їх метаболізмі (Abel et al., 2002; Batten, 1992; Raghothama, 1999).

Створюючи енергетичну основу для функціонування рослинних клітин, він входить до складу нуклеїнових кислот і нуклеотидів, ліпідів мембран, ферментів та проміжних продуктів фотосинтетичного та дихального циклів. Його засвоєння та метаболізм визначально важливі для росту і розвитку рослин. Хоча початкові етапи є критичними щодо фосфору, оптимальне забезпечення ним є важливим протягом усього вегетаційного періоду рослин.

Проблема оптимізації фосфорного живлення рослин у наш час набуває все більшої актуальності, оскільки ресурси фосфору, на відміну від азоту, досить обмежені. За останні 25 років кількість внесеного фосфору на 1 га посівної площі знизилась із 40 кг діючої речовини до 3–4, азоту – з 60 до 5–15, калію – з 35 до 1–2 кг діючої речовини (Агрохімічний..., 2005).

В останнє десятиліття виробництво фосфорних добрив в Україні різко скоротилося (Щегров, 2001), зокрема у 2005 році знизилось на 22,9 %, що і призвело до різкого падіння рівня застосування мінеральних фосфорних добрив. Така ситуація пов'язана з їхньою високою вартістю, зумовленою зростанням цін на енергоносії і обмеженістю джерел власної фосфатної сировини для їхнього виробництва. Зважаючи на невисоку природну забезпеченість більшості ґрунтів рухомими сполуками фосфору, спостерігається різке падіння ефективної родючості ґрунтів, погіршується ре-

жим фосфорного живлення рослин, що в результаті призводить до зниження врожайності сільськогосподарських культур.

Проблема загострюється ще й безповоротністю втрат фосфору, обумовленою виносом цього елемента з ґрунту рослинами, оскільки накопичення його переважає в зерні та плодах, а не у вегетативній масі, яка після збирання врожаю в процесі мікробіологічного розкладу поповнює запаси недоступних для рослин елементів. Тому забезпечення ґрунту фосфором у даний час може здійснюватись в основному лише за рахунок внесення фосфорних добрив.

На думку окремих авторів, при збереженні цієї тенденції запаси фосфору на Земній кулі можуть бути вичерпані вже через 60–80 років (Hammond et al., 2003) і глобальний пік використання запасів фосфатної сировини, за прогнозами деяких дослідників (Jasinski, 2006), припадає на 2040 рік.

Доступність фосфору в ґрунті для рослин

Термін «доступний» фосфор указує на кількість фосфору ґрунту в ґрунтовому розчині, що може поглинатися кореневою системою рослин і використовуватись ними для росту і розвитку протягом усього життєвого циклу. Доступний фосфор називають також і лабільним. Концентрація доступного фосфору завжди низька через безперервний процес поглинання його рослинами (Holford, 1997). Як відомо (Крамарев, 2004), рослини здатні поглинати фосфор із ґрунтового розчину навіть при невеликих його концентраціях. У зв'язку із цим для нормального росту і розвитку рослин важливою є не стільки висока його концентрація в ґрунтовому розчині як здатність ґрунту поповнювати дефіцит запасів фосфору, що спостерігається під час живлення рослин. Доступність фосфору в ґрунті для рослин залежить від його мобілізації та іммобілізації, які пов'язані з процесами розчинення чи осадження, сорбції і десорбції, мінералізації та біологічного закріплення його сполук (Антипина, 1991). На відміну від інших елементів органічної речовини ґрунту (C, H, O, N), які надходять у ґрунт переважно із атмосфери, основним первинним джерелом фосфору є ґрунтоутворююча порода (Маккелви, 1977).

Фосфор за своїми хімічними властивостями має складну природу взаємодії з компонентами ґрунту, що значною мірою ускладнює об'єктивну оцінку забезпеченості ґрунту цим елементом для оптимального росту і розвитку рослин. Доступність для рослин внесених фосфатів визначається розчинністю продуктів реакції добрив із ґрунтом. Тому дуже важливим є підтримання рівня доступного для рослин фосфору для уникнення його дефіциту, що в результаті призводить до зниження урожайності культур.

Чинники, які впливають на доступність фосфору в ґрунті

Відомо (Agbenin, 2003), що деякі чинники суттєво впливають на доступність фосфору в ґрунті для рослин, а також на фосфор, вилучений хімічними екстрагентами. До них можна віднести: оксиди Fe, Al, Mn, які можуть бути екстраговані, частки глини в ґрунті, CaCO_3 , органічний склад ґрунту, рН ґрунту і здатність його до сорбції фосфору. Зокрема, показано, що форма, у якій неорганічний фосфат знаходиться в розчині, змінюється залежно від показника рН. При рН нижче 6 більшість неорганічних фосфатів присутні у вигляді одновалентних іонів H_2PO_4^- , у той час як H_3PO_4 і HPO_4^{2-} представлені тільки в незначних кількостях. Більшістю досліджень показано, що швидкість поглинання фосфору рослинами є найвищою в діапазоні рН від 5,0 до 6,0, коли переважає йон H_2PO_4^- (Furhata et al., 1992; Schachtman et al., 1998; Ullrich-Eberius, Novacky, 1990).

Парадокс проблеми фосфорного живлення рослин полягає в тому, що фосфор у більшості ґрунтів знаходиться в надлишку, однак на 40 % площ орних земель світу продуктивність рослин лімітується його нестачею (Гуляев, 2004; Никитишен, 2002; Ма, 2000; Rengel, 2005). Валові запаси фосфору в метровому шарі ґрунтів досить великі і залежно від їх генетичних властивостей коливаються від 3–4 т/га в дерново-підзолистих супіщаних до 23–24 т/га в чорноземах типових і звичайних важкосуглинкових (Носко, 1990). Проте родючість ґрунтів обмежується недостатньою кількістю фосфору, який може засвоюватись рослинами, оскільки його доступність знижується через швидке формування нерозчинних комплексів із катіонами (CaO, Fe, Al та ін.

(Abel et al., 2002; Bolland, Gilkes, 1998) та включення його в органічні сполуки мікроорганізмами (Marschner et al., 2005a, 2004). Тому коефіцієнт використання фосфору із мінеральних добрив навіть при достатньому його внесенні становить лише 10–20 %, тоді як азоту – до 50 %, калію – до 70 % (Vance, 2001). А в останні роки у зв'язку із внесенням дуже низьких доз фосфорних добрив ця ситуація ще більше ускладнюється і вміст рухомого фосфору в ґрунтах знижується (Виробництво..., 2004).

В Україні площа ріллі з низьким і середнім умістом рухомого фосфору досягає 17 812 га, або 57 % загальної площі (Металіді, 1999; Носко, 1997). Саме через низьку забезпеченість ґрунтів доступним для рослин фосфором окупність фосфорних добрив досить висока – у середньому 1 кг P_2O_5 забезпечує приріст 4–5 кг зерна або 30–40 кг коренеплодів цукрових буряків. Внаслідок зниження вмісту фосфору в ґрунті вже у найближчі роки в Україні зменшення продуктивності сівозмін сягне 2,2 зернової одиниці (Медведев, 2000).

Ґрунтова діагностика фосфорного живлення

У сучасних умовах одним із найбільш ефективних шляхів розв'язання цієї проблеми дефіциту фосфору є вдосконалення точності ґрунтової діагностики фосфорного живлення рослин. Пошук оптимальних методів визначення фосфатного стану ґрунтів, передусім рівнів доступного для рослин фосфору, належить до складних питань рослинництва, що мають фундаментальне та прикладне значення. Точне визначення показників рухомих сполук фосфору в ґрунті дає змогу ефективніше використовувати природні ресурси та прогнозувати ефективність фосфорних добрив. Недостовірна інформація про фосфатний стан ґрунтів призводить до вкрай неефективного використання добрив. Застосування методів визначення вмісту фосфору без урахування конкретних особливостей ґрунтів, а також недостатнє відпрацювання методичних аспектів діагностики живлення рослин призводить до викривлення оцінки стану родючості ґрунтів цілих регіонів. Це пов'язано з тим, що більшість методів базується на використанні як екстрагентів розчинів сильних кислот, що свідчить про їх належність до так званих жорстких методів (Стахів, 2007; Христенко, 2003, 2008). Використання цих методів на дуже кислих ґрунтах призводить до істотного заниження даних за рахунок сильного повторного поглинання P_2O_5 при проведенні аналізу, а в ґрунтах, що мають підвищений уміст апатитоподібних сполук, навпаки, до істотного завищення. Навіть дуже слабка лужність ґрунтів викликає часткову нейтралізацію кислоти і знову ж, заниження результатів, які отримують (Носко, 1999). Головним критерієм при виборі методу для вилучення рухомих сполук фосфору з ґрунту є оцінка його здатності правильно відображати реакцію рослин на внесення фосфорних добрив.

На сьогодні методи аналізів, що ґрунтуються на застосуванні чистих розчинів мінеральних або органічних кислот, ніде в світі, крім України та кількох країн СНД, не використовуються (Чумаченко, 1999).

Як відомо, в останні роки у світовій практиці оцінка фосфатного стану ґрунтів здійснюється за допомогою хімічних екстрагентів, іонообмінних смол (іонообмінна хроматографія), ізотопно-обмінного та біологічних методів. Як екстрагенти слугують вода, розчини органічних і мінеральних кислот, фторидів, лугів, солей, а також багатокomпонентні суміші. Ці загальноприйняті екстрагенти можуть і не давати чіткої інформації про рівень доступного фосфору в ґрунті для поглинання рослинами, оскільки хімічні речовини, які використовуються для його вилучення, можуть розчиняти малодоступний фосфор. Це призводить до закріплення фосфору катіонами Fe та Al і відповідно сприяє недоступності використання його рослинами (Hinsinger, 2001; Mallarino, 1997). Слід відмітити, що ці хімічні екстрагенти використовуються не для всіх типів ґрунтів. Невдале застосування будь-якого хімічного екстрагента для визначення фосфору в ґрунті може призвести до неправильної оцінки доступного фосфору для рослин (Myers et al., 2005).

Хімічні методи можуть використовуватись у практичних цілях лише тоді, коли та кількість фосфору, що ними визначається, корелює із забезпеченістю рослин фосфором та відгуком їх на фосфорні добрива. Шляхом зіставлення результатів польових і вегетаційних дослідів для кожного хімічного методу встановлюються певні по-

казники, так звані граничні числа, які дозволяють говорити про ступінь забезпеченості рослин фосфором у даному ґрунті та про той чи інший уміст у ньому фосфору.

У процесі отримання витяжок може відбуватися не лише розчинення, але й вторинне осадження фосфатів, яке може послаблюватися при розширенні співвідношення між ґрунтом і розчином. У зв'язку з цим основною відмінною властивістю методів визначення рухомих сполук фосфору є розчинник. Вибір екстрагента для вилучення фосфатів у різних типах ґрунтів визначається формами фосфорних сполук у досліджуваних ґрунтах, які пов'язані з їх фізико-хімічними особливостями (Чумаченко, 1999; Koormans, 2001).

Звертає на себе увагу такий факт, що в багатьох випадках той чи інший метод не рекомендується застосовувати при вивченні ґрунтів за профілем, тобто він не призначений для визначення фосфору в нижніх горизонтах.

Найбільш чутливим методом визначення фосфору є колориметричний, в основі якого знаходиться утворення молібденової гетерополісині.

Сучасні закордонні методи визначення рухомих сполук фосфору в ґрунті

Сучасними методами визначення фосфору у світовій практиці є методи Брея Р І, Мелхіка І, Мелхіка ІІІ, Моргана, Олсена, Егнера та ін. Ці методи можуть використовуватися на ґрунтах із різними фізичними та хімічними властивостями (Sharpley et al., 1994). Так, наприклад, у методі Брея Р І екстракційний розчин, що рекомендується для вилучення фосфору на слабокислих і нейтральних ґрунтах, у яких основним джерелом доступних його сполук є фосфати алюмінію і кальцію, складається з HCl та NH_4F . Фторид-іони екстракційного розчину утворюють розчинні міцні комплексні сполуки з алюмінієм, що призводить до розчинення Al-P сполук фосфору, а HCl частково розчиняє Ca-P і меншою мірою Fe-P . У ґрунтах із реакцією середовища, близькою до нейтральної, фториди екстрагента утворюють CaF_2 , що сприяє розчиненню Ca-P сполук. Цей метод дозволяє екстрагувати лабільні сполуки фосфору в таких кількостях, які близькі до тих, що переходять у ґрунтовий розчин у випадку його збіднення при виносі рослинами. Метод Олсена функціонує аналогічно при дослідженні карбонатних ґрунтів. Екстрагенти вилучають певну кількість органічних сполук фосфору завдяки реакціям кислотного гідролізу або підсилюють розчинність органо-металічних комплексів (Pierzynski, 2000; Pierzynski et al., 2005). Зважаючи на сказане, методи Брея Р І, Моргана і Олсена використовуються тільки для вилучення фосфору, а такі методи, як Мелхіка І, Мелхіка ІІІ, Егнера, є мультиелементними, що використовуються для екстракції не лише макроелементів (P , K , Ca , Mg), а й мікроелементів (Cu , Fe , Zn , Mn). Загальне правило вибору методу таке: кислотні екстрагенти методів Брея Р І, Мелхіка І, Мелхіка ІІІ, Моргана використовуються на ґрунтах з кислою реакцією ґрунтового розчину, а лужний метод Олсена застосовується в основному для карбонатних ґрунтів, хоча також може використовуватись для точних визначень доступного для рослин фосфору в різних типах ґрунтів (Агрохімічний..., 2004; Якість..., 2005).

Для вилучення з ґрунту фосфору нехімічною екстракцією використовують два інших підходи – «Рі»-тест та застосування йоно-обмінних смол (Buehler et al., 2002; Ziadi et al., 2001). «Рі»-тест багато дослідників вважають дуже перспективним (Menon et al., 1997). Йоно-обмінні смоли використовуються в агрохімії фосфору для вилучення сполук, які здатні самовільно, без хімічного втручання, переходити у водне середовище. Аніоніти характеризують як кількість рухомого P_2O_5 , так і швидкість його розчинення. У рівноважну суміш ґрунту з $0,01 \text{ M CaCl}_2$ опускають стрічки фільтрувального паперу, вкритого оксидом заліза, на яких сорбується фосфор ґрунтового розчину, що призводить до десорбції лабільних фосфатів із ґрунту. Через деякий час стрічку виймають з розчину, змивають часточки ґрунту, а поглинутий фосфор вилучається в розчин $1 \text{ M H}_2\text{SO}_4$ протягом двох годин при струшуванні. Аніоно-обмінні смоли, насичені Cl^- або HCO_3^- та змішані з ґрунтом, у водній суспензії адсорбують лабільний фосфор у кількостях, які достовірно вказують про рівень забезпеченості цим елементом різних типів ґрунтів (Myers et al., 1997). Смоли моделюють поглинання фосфору кореневою системою з розчину, а кількість поглинутого фосфору з роз-

чину визначається його дифузією (Куо, 1996). Проте використання цього методу не набуло широкого застосування у зв'язку із труднощами, які виникають при відокремленні йоно-обмінних смол від ґрунту.

На ґрунтах із кислою реакцією ґрунтового розчину рекомендується використання кислотних витяжок і різних буферних сумішей з вихідним рН у межах 1–5, а на карбонатних ґрунтах – буферні суміші та лужні витяжки з рН 8,5–9. Проте на сьогоднішній день добре відомі розбіжності між абсолютними значеннями вмісту рухомих доступних для рослин фосфатів і даними щодо ефективності фосфорних добрив (Носко, 1990). Існує пряма залежність між загальним умістом фосфору і дією добрив: чим більше фосфору в ґрунті, тим краще діють фосфорні добрива. Деякі ґрунти внаслідок своїх природних особливостей, зумовлених характером ґрунтоутворення, мають високі показники кислотно-розчинного фосфору, які не відповідають фактичному ступеню забезпеченості цим елементом, тому культурні рослини ефективно реагують на внесення фосфорних добрив (Griffin et al., 2003; Sims et al., 2005). У таких випадках агрохімічна наука рекомендує використовувати більш конкретні лужні, сольові та водні витяжки. Проте застосування лужних методів на ґрунтах із слаболужною реакцією неодмінно зумовлює заниження вмісту рухомих сполук фосфору (Христенко, 2001).

Сучасні вітчизняні методи визначення фосфору в ґрунті

Найпоширеніші вітчизняні методи визначення вмісту рухомого фосфору в ґрунтах запропоновані Труогом, Кірсановим, Чириковим, Мачигінім, Гінзбургом та іншими. Так, наприклад, рухомі сполуки фосфору в дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтах визначають за методом Кірсанова, у чорноземах некарбонатних, темно-сірих опідзолених – методом Чирикова, у карбонатних ґрунтах – методом Мачигіна та ін. Фракційний склад мінеральних сполук фосфору визначають за методом Гінзбург-Лебедевої, груповий склад – за методом Чирикова.

У розчинах загальний вміст фосфору визначають гравіметричним або фотометричним методами.

Сполуки фосфору за методом Кірсанова вилучають з ґрунту 0,2 н розчином HCl . Суть методу полягає в тому, що фосфорна кислота в кислому середовищі утворює з молібдатом амонію комплексну сполуку – гетерополікислоту. Кількість кислоти у розчині має бути оптимальною, оскільки в лужному середовищі гетерополікислота руйнується, а в сильнокислому – утворюється нестійка сполука. Цей метод є чутливим, проте інтенсивність забарвлення молібденової сині з часом слабшає. Отримані дані використовують для моніторингу ґрунтів, паспортизації земель, складання агрохімічних картограм, системи застосування добрив, оцінки якості земельної ділянки.

Метод Чирикова використовується для визначення групового складу фосфатів з метою вивчення перетворень сполук фосфору із внесених добрив. Як екстрагенти використовують: воду, насичену вуглекислим газом, 0,5 н розчин CH_3COOH , 0,5 н розчин HCl , 3 н водний розчин аміаку залежно від групи фосфатів. Проте для агрохімічної характеристики ґрунтів найчастіше вилучення рухомих сполук фосфору, які представлені в основному дигідрофосфатами, гідрофосфатами, а також різноосновними фосфатами, проводять за допомогою 0,5 н розчину оцтової кислоти. Слід відмітити, що на результат хімічного аналізу ґрунтів даним методом може негативно впливати певна кількість фосфоровмісних сполук типу апатиту (*ДСТУ 4115–2002*, 2002). На показники, що отримують за методом Чирикова, також суттєвий вплив мають ґрунтова кислотність і пов'язані з нею ті чи інші властивості ґрунту. Тому недоцільно використовувати даний метод на дуже кислих ґрунтах, особливо буроземах (Носко, 1996).

Одним із поширених вітчизняних методів є метод Мачигіна, який ґрунтується на вилученні рухомих сполук фосфору з ґрунту 1%-м розчином вуглекислого амонію з рН екстрагента 9,0. Гранулометричний склад та інші властивості ґрунтів мало відбиваються на результаті аналізу, проведеного даним методом, тому діапазон його використання дуже широкий. Єдиним винятком залишається значення рН ґрунтового розчину: чим вища лужність ґрунтів, тим нижчі одержувані параметри. Метод Мачигіна вважається

найбільш універсальним і може бути використаний для визначення вмісту рухомого фосфору на всіх основних типах ґрунтів України, проте не поширюється на ґрунтові горизонти, які містять гіпс (ДСТУ 4114–2002, 2002; Христенко, 2001).

Виходячи із літературних даних (Полупан, 2008; Христенко, 2001), уміст рухомих сполук фосфору у ґрунтах залежить від генетичної природи останніх. Методи, які використовуються в агрохімічних дослідженнях, віддзеркалюють різний параметричний рівень умісту доступних форм фосфору, проте існує чітка закономірність розподілу даних між різними методами. Так, наприклад, за Чириковим і методами Мачигіна, Егнера-Рима, Троуга, Гінзбурга, Карпінського-Зам'ятіної, а також за Мачигініним і Кірсановим із вищезазначеними методами кореляційний зв'язок перевищує 0,9 (Носко, 1990). Виходячи з цього, розроблено систему групування ґрунтів за рівнем рухомих сполук фосфору відповідно до методу визначення (Методика., 2003). Проте такий розподіл ґрунтів за вмістом рухомого фосфору залишається науково необґрунтованим. Це пов'язано з тим, що на сьогодні не встановлено природних рівнів валового фосфору та рухомих його форм у ґрунтах.

Як відомо, ґрунти, навіть у межах одного типу, мають різний склад та властивості, що істотно позначається на результатах кількісного визначення P_2O_5 при хімічному аналізі. Чим більше відхиляється величина рН екстрагента від нейтрального значення, тим вища ймовірність помилки. Так, наприклад, 0,5 н розчин оцтової кислоти (рН 2,5), що використовується в методі Чирикова, здатний частково вилучати малодоступні для рослин сполуки фосфору. Збільшення в ґрунтах умісту апатитоподібних сполук на кожен 1 мг/100 г ґрунту при його рівні понад 15 мг/100 г ґрунту автоматично завищує отримані за цим методом результати на 0,4–0,42 мг P_2O_5 /100 г ґрунту.

Застосування оцтовокислої витяжки не лише на карбонатних, а й на ґрунтах, що мають реакцію розчину, близьку до нейтральної (рН сольове – 6,9–7,1), зміщує значення рН цього малобуферного екстрагента, а це, у свою чергу, призводить до істотного заниження отриманих результатів. Тому, наприклад, метод Чирикова може бути успішно використаний лише на ґрунтах з нейтральною, слабо- і середньокислою реакцією ґрунтового розчину (Христенко, 1998).

Різноманітність методів, які використовуються в агрохімічних дослідженнях, ускладнює узагальнення отриманих результатів та їх порівняння, особливо при визначенні фосфору в ґрунтах великих регіонів.

Таким чином, вищесказане підтверджує, що проблема фосфорного живлення на сьогодні набуває все більшої актуальності і об'єктивна оцінка фосфатного стану ґрунтів та прогнозування ефективності від внесених добрив можливі лише на основі декількох, що доповнюють один одного, показників або шляхом підбору такого екстрагента, який би враховував найбільш вірогідні форми фосфору в ґрунті, що безпосередньо беруть участь у живленні рослин у даному вегетаційному сезоні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Агрохімічний аналіз: підручник / Городній М. М., Лісовал А. П., Бикін А. В. та ін. / За ред. Городнього М. М. – 2-ге видання. – К. : Арістей, 2005. – 476 с.

Антипина Л. П. Фосфор в почвах Сибіри: Автореферат дис. ... доктора сільськогосподарських наук / Л. П. Антипина. – Омск, 1991. – 32 с.

Виробництво фосфоровмісних мінеральних добрив підприємствами України та їх використання в сільському господарстві / за ред. В. Г. Зареченого. – Суми : ВТД «Університетська книга», 2004. – 189 с.

Гуляев Б. И. Фосфор как энергетическая основа процессов фотосинтеза, роста и развития растений / Б. И. Гуляев, В. Ф. Патыка // Агроекологічний журнал. – 2004. – № 2. – С. 3-9.

ДСТУ 4114–2002 Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Мачигіна. – К. : Державний комітет з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. – 11 с.

ДСТУ 4115–2002 Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова. – К. : Національний стандарт України, 2002. – 5 с.

Крамарев С. М. Эффективность использования фосфорных удобрений в агроценозах зерновых культур / С. М. Крамарев, С. В. Красненков, Л. Н. Токмакова и др. // Фосфор і калій у землеробстві. Проблеми мікробіологічної мобілізації. – Чернівці. Міжнародна науково-практична конференція. Наукові доповіді. КП «Друкарня» № 13. – 2004. – С. 56-65.

- Маккелви В. Е.** Фосфор в окружающей среде / В. Е. Маккелви / Под ред. Э. Гриффита и др. – М. : Мир, 1977. – С. 24-37.
- Медведев В. В.** Проблема фосфору в Україні та шляхи її розв'язання / В. В. Медведев // Вісник аграрної науки. – 2000. – № 7. – С. 82-84.
- Металіди В. С.** Сировинна база фосфатів України / В. С. Металіди, І. В. Щепель // Мінеральні ресурси України. – 1999. – № 2. – С. 267-269.
- Методика** агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення. – К., 2003. – 63 с.
- Никитишен В. И.** Плодородие почвы и устойчивость функционирования агроэкосистем / В. И. Никитишен / Отв. ред. В. Г. Минеев. – М. : Наука, 2002. – 258 с.
- Носко Б. С.** Фосфатний режим ґрунтів і ефективність добрив / Б. С. Носко. – К. : Урожай, 1990. – 153 с.
- Носко Б. С.** Післядія добрив на фосфатний режим чорноземів України / Б. С. Носко, В. І. Бабинін, Л. М. Бурлакова Л. М. та ін. // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 12. – С. 17-22.
- Носко Б. С.** Влияние состава и свойств почв на результаты определения содержания подвижного фосфора химическими методами / Б. С. Носко, А. А. Христенко // Агрохимия. – 1996. – № 4. – С. 87-94.
- Носко Б. С.** Фосфорити як джерело живлення сільськогосподарських культур / Б. С. Носко, А. О. Христенко, В. І. Бабинін // Використання нетрадиційних сировинних ресурсів у сільському господарстві: Зб. наукових статей і доповідей. – Луцьк : Надстир'я, 1997. – С. 18-20.
- Носко Б. С.** Проблема фосфору в землеробстві України / Б. С. Носко, А. О. Христенко, В. П. Максимова // Вісник аграрної науки. – 1999. – № 5. – С. 13-16.
- Полупан І. М.** Природний рівень фосфору у ґрунтах України залежно від їх генетичної природи / І. М. Полупан, В. Б. Соловей, О. В. Коростін // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 5. – С. 14-23.
- Сергєєв В.** На службі охорони родючості ґрунтів / В. Сергєєв, Д. Бенцаровський // Урядовий кур'єр. – 2004. – № 183. – С. 13.
- Стахів М. П.** Визначення рівнів доступного фосфору у ґрунті для високопродуктивних сортів озимої пшениці / М. П. Стахів, В. В. Швартау // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія. – 2007. – Вип. 22. – С. 5-9.
- Христенко А. О.** Діагностика вмісту рухомих сполук фосфору в ґрунтах / А. О. Христенко // Вісник аграрної науки. – 1998. – № 4. – С. 21-25.
- Христенко А. А.** Проблема изучения фосфатного состояния почв / А. А. Христенко // Агрохимия. – 2001. – № 6. – С. 89-95.
- Христенко А. О.** Розробка стандарту України на методи визначення рухомих сполук фосфору і калію в ґрунтах / А. О. Христенко // Вісник аграрної науки – 2003. – № 6. – С. 9-13.
- Христенко А. О.** Вплив складу і властивостей ґрунтів на результати визначення вмісту рухомого фосфору за методом Мачигіна / А. О. Христенко, Н. П. Копоть, Л. М. Бурлакова // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2001. – № 61. – С. 84-92.
- Христенко А. О.** Оцінка фосфатного стану ґрунтів на основі Міжнародного стандарту / А. О. Христенко, М. Є. Лазебна // Вісник аграрної науки – 2008. – № 10. – С. 16-19.
- Чумаченко И. Н.** Симпозиум «Совершенствование методологии исследования фосфатного режима почв, оптимизации питания растений и баланса фосфора в агроэкосистемах» / И. Н. Чумаченко, Ф. В. Янишевский // Агрохимия. – 1999. – № 1. – С. 94-96.
- Щегров Л. М.** Перспективні шляхи виробництва фосфорних добрив в Україні / Л. М. Щегров, Н. М. Антрапцева, В. П. Кухарь та ін. // Вісник аграрної науки – 2001 – № 9. – С. 13-15.
- Якість ґрунтів та сучасні системи удобрення** / За ред. Д. Мельничука, Дж. Хофман, М. Городнього. – К. : Арістей, 2004. – 488 с.
- Abel S., Ticconi C. A., Delatorre C. A.** Phosphate sensing in higher plants // *Physiol. Plant.* – 2002. – V. 115. – P. 1-8.
- Agbenin J. O.** Extractable iron and aluminum effects on phosphate sorption in a Savanna Alfisol // *Soil Sci. Soc. Am. J.* – 2003. – 67. – P. 589-595.
- Batten G. D.** A review of phosphorus efficiency in wheat // *Plant and Soil.* – 1992. – 146. – P. 163-168.
- Bolland M. D. A., Gilkes R. J.** The chemistry and agronomic effectiveness of phosphate fertilizers // *Nutrient use in crop production.* – N.Y.: The Haworth Press, 1998. – P. 139-163.
- Buehler S., Oberson A., Rao I. M. et al.** Sequential phosphorus extraction of a ³²P-labeled Oxisol under contrasting agricultural systems // *Soil Sci. Soc. Am. J.* – 2002. – V. 66 – P. 868-877.
- Furihata T., Suzuki M., Sakurai H.** Kinetic characterization of two phosphate uptake system with different affinities in suspension cultured *Catharanthus roseus* protoplasts // *Plant and Cell Physiol.* – 1992. – V. 33. – P. 1153-1157.

- Griffin T. S., Honeycutt C. W., He Z.** Changes in soil phosphorus from manure application // Soil Science Society of America Journal. – 2003. – V. 2, № 67 – P. 645-653.
- Hammond J. P., Bennett M. J., Bowen H. C. et al.** Changes in gene expression in *Arabidopsis* shoots during phosphate starvation and potential for developing smart plants // Plant Physiol. – 2003. – V. 132. – № 2. – P. 578-596.
- Hinsinger P.** Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review // Plant and Soil. – 2001 – V. 237. – P. 173-195.
- Holford J. C. R.** Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants // Aust. J. Soil Res. – 1997. – V. 35. – P. 227-239.
- Jasinski S. M.** Phosphate rock. – 2006. – Statistics and Information. — US Geological.
- Koopmans G. F., Van Der Zeeuw M. E., Chardon W. J. et al.** Identification and characterization of phosphorus rich sandy soils. // Neth. J. Agric. Sci. – 2001. – V. 49. – P. 369-384.
- Kuo S.** Phosphorus Methods of Soil Analysis: Part 3-Chemical Methods. SSSA, Madison, WI. – 1996. – P. 869-919.
- Ma J. R.** Role of organic acids in detoxication of aluminum in higher plants // Plant Cell Physiol. – 2000. – V. 41. – P. 383-390.
- Marschner P., Crowley D. E., Yang C. H.** Development of specific rhizosphere bacterial communities in relation to plant species, nutrition and soil type // Plant Soil – 2004. – V. 261. – P. 199-208.
- Marschner P., Grierson P.F., Rengel Z.** Microbial community composition and functioning in the rhizosphere of three *Banksia* species in native woodland in Western Australia // Appl. Soil Ecol. – 2005a. – V. 28. – P. 191-201.
- Mallarino A. P.** Interpretation of soil phosphorus tests for corn in soils with varying pH and calcium carbonate content // J. Prod. Agric. – 1997 – V. 10. – P. 163-167.
- Menon R. G., Chien S. H., Chardon W. J.** Iron hydroxide-impregnated filter paper (P test): II. A review of its application. // Nutr. Cycl. in Agroecosyst. – 1997. – V. 47. – P. 7-18.
- Myers R. G., Sharpley A. N., Thien S. J.** Ion-sink phosphorus extraction methods applied on 24 soils from the continental USA // Soil Sci. Soc. Am. J. – 2005. – V. 69. – P. 511-521.
- Myers R. G., Pierzynski G. M., Thien S. J.** Iron oxide sink method for extracting soil phosphorus paper preparation and use // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1997. – V. 61. – P. 1400-1407.
- Pierzynski G. M., McDowell R. W., Sims J. T.** Chemistry, cycling, and potential movement of inorganic phosphorus in soils Phosphorus: Agriculture and the Environment, ed. Sims J.T., Sharpley A.N. Agronomy Monograph 46. – 2005. – Madison, WI: ASA, CSSA, and SSSA.
- Pierzynski G. M.** Methods of phosphorus analysis for soils, sediments, residuals and waters. Southern Coop. Series Bull. – 2000. – № 396. North Carolina State Univ., Raleigh, N.C. – 102 p.
- Raghothama K. G.** Phosphate acquisition // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. – 1999. – V. 50. – P. 665-693.
- Rengel Z., Marschner P.** Nutrient availability and management in the rhizosphere: exploiting genotypic differences // New Phytologist. – 2005. – V. 168. – P. 305-312.
- Schachtman D. P., Reid R. J., Ayling S. M.** Phosphorus uptake by plants : from soil to cell // Plant Physiol. – 1998. – V. 116. – P. 447-453.
- Sharpley A. N., Sims J. T., Pierzynski G. M.** Innovative soil phosphorus indices: assessing inorganic phosphorus: J. Havlin et al. (ed) Soil testing: Prospects for improving nutrient recommendations // Soil Sci Soc. Am Spec. Pub. – 1994. – V. 40 – ASA, Madison, WI. – P. 115-142.
- Sims J. T., Sharpley A. N., Hedley M., McLaughlin M.** Reactions of phosphate fertilizers and byproducts in soils. In Phosphorus: Agriculture and the Environment, ed. Sims J.T., Sharpley A.N. Agronomy Monograph 46. – Madison, WI, ASA, CSA and SSSA. – 2005. – P. 181-252.
- Ullrich-Eberius C., Novacky A.** Extra- and intracellular pH and membrane potential changes induced by K^+ , Cl^- , $H_2PO_4^-$, NO_3^- uptake and fusicoccin in root hairs of *Limnobia stoloniferum* // Plant Physiol. – 1990. – V. 94. – P. 1561-1567.
- Vance C. P.** Update on the state of nitrogen and phosphorus nutrition. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. Plant nutrition in a world of declining renewable resources // Plant Physiol. – 2001. – V. 127. – P. 390-397.
- Ziadi N., Simard R. R., Tran T. S., Allard G.** Soil-available phosphorus as evaluated by desorption techniques and chemical extractions. // Can. J. Soil Sci. – 2001. – V. 2. – P. 167-174.

Надійшла до редколегії 18.03.10

ПРОБЛЕМИ МЕЛІОРАЦІЇ ҐРУНТІВ

УДК 631.45

Ю. Л. Цапко

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ КИСЛИХ ҐРУНТІВ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЛОКАЛЬНОГО ОКУЛЬТУРЮВАННЯ

*Національний науковий центр
«Інститут ґрунтознавства і агрохімії імені О. Н. Соколовського»*

Обґрунтовано високу ефективність технології локального окультурювання кислих ґрунтів у підвищенні їх екологічної стабільності, що відображається в зменшенні вимивання в підґрунтові води хімічних сполук, покращенні процесів акумуляції органічної речовини і накопичення гумусу, збільшенні біологічної активності.

Ключові слова: екологічна стабільність, технології, локальне окультурювання, кислі ґрунти, вимивання, дощові черв'яки.

Ю. Л. Цапко

*Национальный научный центр
«Институт почвоведения и агрохимии имени А. Н. Соколовского»*

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ КИСЛЫХ ПОЧВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЛОКАЛЬНОГО ОКУЛЬТУРИВАНИЯ

Обоснована высокая эффективность технологи локального окультуривания кислых почв в повышении их экологической стабильности, что проявляется в уменьшении вымывания в подпочвенные воды химических компонентов, улучшении процессов аккумуляции органического вещества и накопления гумуса, увеличении биологической активности.

Ключевые слова: экологическая стабильность, технологии, локальное окультуривание, кислые почвы, вымывание, дождевые черви.

Yu. L. Tsapko

*National scientific center
«O. N. Sokolovski Institute for Soil Science and Agrochemistry Research»*

ECOLOGICAL STABILITY ENHANCEMENT OF ACIDIC SOILS BY MEANS OF LOCAL AMELIORATION TECHNOLOGY

High efficiency of local amelioration technology of acidic soils in their ecological stability enhancement is substantiated. It exhibits the reducing of chemicals leaching into the underground waters, gain in the processes of organic matter and humus accumulation and intensification of the biological activities.

Key words: ecological stability, technologies, local amelioration, acidic soils, leaching, earthworms.

Початок третього тисячоріччя став для суспільства поворотною межею, яка чітко відокремила розуміння того, що можливості Природи не безмежні, і вона сама потребує відповідної турботи та захисту. Одним із прикладів цього є цілеспрямована діяльність науковців-ґрунтознавців у напрямку вирішення проблем екологічної безпеки та ресурсозбереження в сфері сільськогосподарського виробництва. Останнє знайшло відображення в розробленій у Національному науковому центрі «Інститут

грунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» сучасній концепції хімічної меліорації кислих і солонцевих ґрунтів, основні положення якої спрямовані на підвищення їх екологічної безпеки, ресурсозбереження та підвищення продуктивності (Балюк, 2008). У концепції дано детальну характеристику сучасним агрозаходам з меліорації кислих ґрунтів, серед яких, поряд з традиційною технологією окультурювання (меліорації), виокремлено технологію підтримувальної (компенсаційної) меліорації та технологію локального окультурювання кислих ґрунтів. Саме остання технологія дозволяє не тільки заощаджувати матеріальні та енергетичні ресурси, але й суттєво поліпшувати екологічний стан ґрунтів та оточуючого природного середовища.

Хімічна меліорація і, зокрема, вапнування відноситься до одного з найважливіших заходів в системі підвищення родючості кислих ґрунтів. Втім в останнє двадцятиріччя заходи з хімічної меліорації кислих ґрунтів в Україні практично зведено нанівець. Екологічними наслідками такого недбалого відношення суспільства до проблем протидії деградаційним явищам на ґрунтах зі зниженим рівнем рН є різке погіршення їх фізичних властивостей, збіднення на кальцій і магній, руйнування буферних механізмів, послаблення біологічної стійкості та біорозмаїття тощо. Нестача кальцію в ґрунтах затримує розвиток кореневої системи та зростання рослин, що призводить до зниження врожаїв сільськогосподарських культур. У сільськогосподарських тварин нестача кальцію викликає такі захворювання як рахіт, недостатність серцевої діяльності, кров втрачає здатність до згортання на повітрі (гемофілія) тощо (Цитович, 1974). Власне кажучи, всі хвороби, що викликані нестачею кальцію на кислих ґрунтах, безпосередньо стосуються й людей, бо саме люди є кінцевим трофічним ланцюгом у ряду ґрунт → рослина → тварина → людина. Вода у водоймах, які знаходяться поруч з кислими ґрунтами, часто стає підкисленою, що згубно діє не тільки на їх флору та фауну, але й впливає на здоров'я людей. Наприклад, підкислення ґрунтів і утворення рухомих форм алюмінію створює умови для його надходження з поверхневим стоком і підґрунтовими водами до водойм, що призводить до аномалій розвитку та до загибелі ембріонів риб (Дерій, 2000). Окрім цього, питна вода з підкислених водойм, потрапляючи до водогінних труб, розчиняє в них важкі метали і згубно діє на організм людини (Івашура, 2004).

Метою нашої роботи є визначення впливу різних технологій окультурення кислих ґрунтів на їх екологічні властивості.

ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження проведено на дерново-підзолистому супіщаному середньокислому ґрунті (рН водний 5,1) та чорноземі опідзоленому важкосуглинковому, який характеризується слабкокислою реакцією ґрунтового розчину (рН водний 5,7). У польових дослідках порівнювали вплив різних технологій окультурення кислих ґрунтів на їх екологічні властивості. За традиційною та підтримувальною технологіями органічні й мінеральні добрива та вапняний меліорант вносили окремо врозкид по поверхні ґрунту з подальшим заорюванням. Варто наголосити, що зазначене внесення добрив зазвичай призводить до додаткових енергетичних витрат. Технологічні особливості локального окультурювання полягали в наступному: завчасно приготоване органомінеральне добриво-меліорант (ОМДМ) вносили локальними стрічками в кореневмісний шар ґрунту на глибину 25–30 см з відстанню між стрічками 35–45 см.

На чорноземі опідзоленому важкосуглинковому польовий дослід проведено за схемою: 1) контроль (без добрив); 2) традиційна технологія окультурювання (добрива внесено врозкид) – гній 50 т/га + $N_{60}P_{60}K_{50}$ + вапно 3,6 т/га; 3) технологія підтримувального окультурювання (добрива внесено врозкид) – гній 4 т/га + $N_{45}P_{45}K_{30}$ + вапно 0,24 т/га; 4) технологія локального окультурювання ОМДМ (гній 4 т/га + $N_{45}P_{45}K_{30}$ + вапно 0,24 т/га) внесено локально за один раз. Загальна площа дослідної ділянки 265 м², посівна площа однієї ділянки – 5 м² (2×2,5), облікова – 3 м², розміщення ділянок стандартне – в 4 яруси. Повторність чотириразова. Сільськогосподарська культура – цукровий буряк сорту Український МС-70.

У післядії були проведені тестові дослідження з чисельності дощових черв'яків під впливом різних технологій окультурювання ґрунту. Чисельність черв'яків встановлювали механічним шляхом, опосередковано за кількістю отворів або ходів черв'яків, враховуючи те, що в кожному отворі мешкає один черв'як. Для цього на площі 25 дм² робили зріз ґрунту на глибину 5 см і підраховували кількість отворів на дослідженій площі з перерахуванням на 1 м².

На дерново-підзолистому ґрунті в прямій дії та на п'ятому році післядії технології локального окультурювання, на вирівняльних посівах ярих зернових, проведено мікробіологічні дослідження згідно методик – визначення чисельності мікроорганізмів способом граничного розведення і ферментативної активності ґрунту та вуглецю мікробної біомаси (Селибер, 1962; Звягинцев, 1980).

У роботі також використано фондові матеріали лабораторії меліорації гідроморфних та кислих ґрунтів ННЦ ІГА (дані лізіметричних досліджень), що були отримані нами в співпраці з лабораторією агрохімії Чернігівського інституту АПВ НААН України і які частково були висвітлені в наших попередніх працях (Трускавецький, 2002).

Відбір зразків на лабораторно-аналітичні дослідження та окремі види аналізів виконано згідно існуючих державних стандартів та атестованих методик.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Добре відомо, що поліпшення екологічних властивостей і підвищення родючості кислих ґрунтів залежить від оптимізації в них кислотно-лужного та кальцієвого режимів, що досягають внесенням відповідної кількості вапна, тобто вапнуванням ґрунтів. Разом з цим, суцільна гомогенізація орного шару ґрунту, яка здійснюється за традиційними технологіями, часто негативно впливає на його екологічну стабільність. Традиційні технології, в порівнянні з локальним окультурюванням, передбачають значно більшу кількість проходів сільгосптехніки, але ж достатньо зрозумілим є той факт, що кожне обертання пласту ґрунту, кожний прохід сільгосптехніки, різке зрушення кислотно-основної рівноваги по всій товщині орного шару та різка зміна поживного режиму негативно впливають на існуючий біоценоз ґрунту і, перш за все, на корисні мікроорганізми та мезофауну (дощові черв'яки, комахи). Набагато краще в напрямку збереження і поліпшення екологічного стану ґрунтових систем діє технологія локальної меліорації (окультурювання) зі створенням просторової гетерогенності (неоднорідності) у кореневмісному шарі ґрунту за кислотно-лужною рівновагою і елементами живлення рослин. Одним з головних її принципів є відпрацьований механізм фіксації кальцію в ґрунті, що досягається за рахунок його внесення в ґрунт локальними стрічками в складі органо-мінерального добрива меліоранту (Трускавецький, 2003; Цапко, 2003). Саме за таких умов кальцій і органіка утворюють гумати кальцію, які є стійкими до вилуговування. Різку контрастність в інтенсивності вимивання біогенів з дерново-підзолистого супіщаного ґрунту між традиційною технологією його окультурювання і локальною в рік вегетації кукурудзи найяскравіше ілюструють результати лізіметричних спостережень (табл. 1).

Встановлено, що найбільше з ґрунту вимиваються нітрати, кальцій, магній, калій, водорозчинна органіка, менш інтенсивно – фосфор і амоній. Інтенсивність вимивання на варіанті традиційної технології значно перевищує інтенсивність на варіанті ресурсозберезувальної локальної технології.

Вимивання таких інгредієнтів, як, наприклад, кальцій, зменшується за рекомендованою технологією майже в три рази (з 75,5 до 25,7 кг/га), водорозчинної органіки – в 1,5 (з 14,6 до 9,6 кг/га), нітратів – майже у 1,4 рази (з 27,2 до 19,8 кг/га), амонію – у 1,5 (з 4,1 до 2,7 кг/га). Локалізація в кореневмісному шарі ґрунту поживних речовин, які входять до складу ОМДМ, сприяє й зберіганню від вимивання таких важливих елементів живлення як фосфор, калій та магній.

При локалізації добрив на глибині 15 см вимивання поживних речовин з ґрунту зменшується на 15–25 і більше відсотків. Проте розорювання ґрунту в наступні роки руйнує стрічку ОМДМ, перемішуючи її з усією орною масою ґрунту. Це інтенсифі-

кує процеси мінералізації торфу і призводить до підвищення втрат поживних речовин з інфільтраційними водами та в газоподібних формах.

Таблиця 1

**Вимивання поживних речовин з інфільтраційними водами
на дерново-підзолистому супіщаному ґрунті**

Варіанти дослідів	Втрати інгредієнтів, кг/га						
	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Водорозчинна органіка
Традиційна технологія, торф 60 т/га + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ – врозкид під оранку	27,2	4,1	1,6	2,5	75,5	32,1	14,6
Технологія локального окультурювання, торф 15 т/га + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ – локально в орний шар (на 15 см)	20,1	2,8	1,7	1,2	43,9	18,4	9,8
Технологія локального окультурювання, торф 15 т/га + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ – локально в орний шар (на 25 см)	19,8	2,7	1,3	0,9	25,7	12,2	9,6

Розміщення органо-мінеральної стрічки і формування комфортної для рослин мікрозони безпосередньо в підорному шарі за новою технологією виявилось найбільш ефективним з точки зору зменшення непродуктивних втрат елементів живлення і за тривалістю післядії. Наголосимо, що через глибоке занурення локальних стрічок у ґрунтову масу, при подальшому обробітку ґрунту вони будуть збережені. Цим самим рекомендована технологія позитивно впливає на чистоту підґрунтових і поверхневих вод на Поліссі, забезпечуючи високий рівень екологічної безпеки при удобренні полів і, вигідно відрізняється від інших технологій.

Встановлено, що в локальних осередках завдяки концентрації добрив та меліорантів у невеликому об'ємі ґрунтового середовища досягнуто оптимальних показників родючості, зокрема трофності і реакції ґрунтового середовища (табл. 2).

Таблиця 2

**Зміна основних фізико-хімічних показників дерново-підзолистого ґрунту
при застосуванні різних технологій його окультурювання**

Варіанти дослідів	Глибина, см	Гу мус, %	Фізико-хімічні показники					
			pH	активність біогенних іонів				
				pCa	pNH ₄	pNO ₃	pK	pP
1. Контроль, без добрив	0–15	1,85	4,1	1,98	3,35	3,67	3,75	5,32
	15–30	1,22	3,9	2,15	3,39	3,65	3,83	5,15
2. Традиційна технологія окультурювання	0–15	1,97	4,7	1,75	3,15	3,27	3,69	4,45
	15–30	1,56	4,5	1,88	3,35	3,15	3,91	5,10
3. Технологія локального окультурювання (у зонах)	22–30	4,87	6,0	1,46	2,33	3,47	2,87	3,54

У локальних зонах на глибині біля 30 см, порівняно до контролю і варіанту з внесенням добрив за традиційною технологією, майже в три рази збільшується вміст гумусу, покращується кислотно-основний режим (рН сольовий дорівнює 6,0) та істотно збільшується рухомість основних біогенних елементів (кальцію, калію, амонію, нітратів та фосфатів).

Завдяки створенню в ґрунті просторової неоднорідності (гетерогенності) за тропним режимом, рослини, залежно від своїх природних особливостей, здатні самі знаходити для себе найбільш сприятливу нішу. Встановлено, що в локальних осередках концентрується в 6,3–6,7 разів більше коріння рослин, ніж між ними. Зосередження і розгалуження коріння рослин в локальних зонах інтенсифікує саморегуляційні функції в ґрунті. Слабкі органічні кислоти, ферменти, фітогормони, вітаміни та інші органічні сполуки, які коріння рослин виділяють в ґрунт, активізують діяльність ґрунтової мікрофлори, що в свою чергу сприяє мінералізації органічних речовин ґрунту та добрив з вивільненням при цьому мінеральних сполук, якими живляться рослини. В той же час відмерлі кореневі залишки разом з продуктами діяльності мікроорганізмів стають джерелом накопичення гумусу.

Встановлено, що застосування різних технологій окультурювання дерново-підзолистого ґрунту суттєво впливає на формування його мікробного ценозу. Локальне окультурювання призводить до зосередження мікроорганізмів у просторі, обмеженому стрічкою органо-мінеральних добрив і частиною прилеглої до неї ґрунту. У локальних зонах (осередках) чисельність таксономічних груп мікроорганізмів була істотно більшою, ніж у зоні між стрічками. При цьому безпосередньо в локальних осередках чисельність грибів була вища в 8,4, актиноміцетів – у 2,8, мікроорганізмів, які засвоюють органічний азот – у 2,2, а мінеральний – у 2,8 рази. Якщо порівняти чисельність таксономічних груп мікроорганізмів, що знаходиться в локальних зонах з їх чисельністю в зоні, яка знаходиться нижче осередків, ця різниця стає ще більш відчутною. Так, у локальних осередках чисельність грибів була вища в 10,3, актиноміцетів у 3,8, мікроорганізмів, які засвоюють органічний азот – у 4, а мінеральний – у 6,4 рази.

Просторова диференціація мікрофлори в кореневмісному шарі дерново-підзолистого супіщаного ґрунту відбувається і в післядії локального внесення органо-мінеральних добрив. За результатами біологічних та агрохімічних досліджень засвідчено, що навіть на п'ятому році післядії окультурені ґрунтові осередки не втрачають своїх високих біогенних і трофічних функцій, а процеси саморегуляції ефективною родючості в окультурених ґрунтових осередках досягають максимальної інтенсивності. Встановлено, що в локальних зонах збільшується кількість: мікроорганізмів, які засвоюють органічний азот в 1,3; мікроорганізмів, які засвоюють мінеральний азот у 6,4; евтрофічних та оліготрофічних мікроорганізмів відповідно в 2,9 та в 2,3 рази.

Трофна гетерогенність кореневмісного шару ґрунту, яка створюється локально шляхом глибокої заробки комплексного органо-мінерального добрива, позитивно впливає на умови кореневого живлення рослин і сприяє розвитку процесу поступового окультурювання кислих ґрунтів. Важливим є й те, що в локальних осередках докорінно покращуються процеси акумуляції органічної речовини та накопичення гумусу. Особливо чітко це відображається на агрофізичних властивостях локальних ґрунтових осередків і, в першу чергу, на вмісті продуктивної вологи. Визначена ефективність локальних осередків пояснюється тим, що в складі ОМДМ містяться перегнійні речовини, які добре адсорбують вологу, що в певній мірі стабілізує водний режим ґрунту. Про це свідчать спостереження за вмістом польової вологості в чорноземі опідзоленому важкосуглинковому.

У найспекотніший період вегетації рослин у локальних зонах вологість ґрунту була на 6,8 % вищою в порівнянні з контролем, і на 6,2 % вища, ніж на варіанті із застосуванням традиційної технології окультурювання. Підвищена вологоутримуюча здатність локальних зон, що є позитивним моментом, безпосередньо пов'язана з вмістом у складі органо-мінеральних добрив якісної органічної речовини – перегною.

Можна зазначити, що розміщення ОМДМ у вигляді локальних зон у підорному шарі ґрунту виявилось найбільш ефективним з точки зору зменшення непродуктивних втрат елементів живлення. Цим самим технологія локального окультурювання позитивно впливає на чистоту підґрунтових і поверхневих вод, забезпечуючи високий рівень екологічної безпеки при внесенні добрив на поля.

Особливо важливим є й те, що на межі орного і підорного шарів ґрунту на глибині 25–30 см створюється сприятливий температурний режим. Дослідженнями встановлено, що при температурі повітря біля 33 °С вдень (у затінку) і 15 °С вночі, коливання температури в шарі розташування локальних осередків зведені до мінімуму (табл. 3).

Таблиця 3

**Динаміка температурного режиму чорнозему опідзоленого, °С
(виміри проведено в суху сонячну погоду)**

Період вимірювання (час доби)	Глибина вимірювання, см					
	на поверхні ґрунту	10	15	20	25	30
5 ⁰⁰ –6 ⁰⁰	15,2	16,0	17,0	17,3	18,0	8,0
13 ⁰⁰ –14 ⁰⁰	35,0	27,5	23,7	22,3	21,0	20,1
17 ⁰⁰ –18 ⁰⁰	29,2	26,4	23,0	22,7	22,4	21,2

На глибині 10 см добові коливання температури зафіксовано на рівні 11,5 °С, від 15,2° вранці до 27,5° вдень. У шарі розташування локальних осередків підтримується стабільний температурний режим: на глибині 25 см коливання температури складають лише 4,4 °С, а на глибині 30 см ще менше – 3,2 °С. Зазначена відносна стабільність температурного режиму саме на глибині розміщення локальних зон сприяє самовідтворенню екологічної стабільності ґрунтів. Наприклад, стабілізація температури і вологості в ґрунті сприяє покращенню життєвих умов дощових черв'яків (Холхоева, 2004), які є важливими чинниками утворення гумусу, що створює оптимальні умови для нормального розвитку і зростання сільськогосподарських культур. Враховуючи той факт, що самовідтворення та саморегуляція ґрунтової родючості тісно пов'язані з наявністю в ґрунті дощових черв'яків, нами проведені тестові дослідження щодо їх чисельності залежно від застосування різних технологій окультурювання чорнозему опідзоленого (табл. 4).

Таблиця 4

**Чисельність дощових черв'яків у залежності від застосування різних технологій
окультурювання чорнозему опідзоленого**

Варіанти	Кількість, штук на 1 м ²				Кількість, тис шт. на 1 га
	Повторність			Середнє	
	I	II	III		
Контроль, без добрив	$\frac{16}{32}$	$\frac{24}{52}$	$\frac{28}{28}$	$\frac{22.7}{37,9}$	$\frac{227}{379}$
Традиційна технологія	$\frac{40}{48}$	$\frac{52}{68}$	$\frac{36}{56}$	$\frac{42.7}{57,3}$	$\frac{427}{573}$
Технологія підтримуваль-ного окультурювання	$\frac{20}{32}$	$\frac{32}{64}$	$\frac{60}{52}$	$\frac{37.3}{49,3}$	$\frac{373}{493}$
Технологія локального окультурювання	$\frac{52}{96}$	$\frac{60}{80}$	$\frac{48}{80}$	$\frac{53.3}{85,9}$	$\frac{533}{859}$

Примітка. Чисельник – показник кількості в травні, знаменник – у вересні.

Метою досліджень не передбачалось встановлення типології дощових черв'яків, втім добре відомо (Іванов, 2006), що в зоні проведення досліджень (Лівобережний Лісо-степ) переважають дощові черв'яки виду *Lumbricus terrestris*. Встановлено, що за технології локального окультурювання чисельність дощових черв'яків у травні була вища майже в 2,3 рази ніж на контролі, в 1,2 рази ніж на варіанті з традиційною технологією і в 1,4 рази порівняно з технологією підтримувального окультурювання. У вересні їх чисельність збільшилася по всіх варіантах в 1,3–1,6 рази, але вищезазначена закономірність зберігалася.

Можна зазначити, що за локального окультурювання чорнозему опідзоленого створюються найбільш сприятливі екологічні умови для життєдіяльності дощових черв'яків. Справа в тому, що дощові черв'яки дуже погано переносять як високу кислотність, так і надмірну концентрацію мінеральних добрив, різкий перепад температури та частий механічний обробіток ґрунту тощо (Іванов, 2006). Застосування традиційних технологій не здатне повністю усунути ці негаразди. Технологія локального окультурювання в цьому плані істотно переважає традиційну і підтримувальну технологію. При локальному окультурюванні за рахунок внесення ОМДМ на глибину 25–35 см, яке збалансоване за рівнем рН та водно-фізичними властивостями, насичене органікою тощо, створюються оптимальні зони для розвитку черв'яків.

Дощові черв'яки, споживаючи відмерлі рослинні залишки, детрит, мінеральні частки ґрунту, мікроорганізми тощо залишають у ґрунті копроліти (екскременти). Останні збагачені на гумусові речовини (Ігонін, 2008), які є біологічними стимуляторами росту і розвитку рослин, центрами біологічної активності, важливими структуроутворювачами, і здатні створювати з металами стійкі комплекси, наприклад, з кальцієм – його гумати. Копроліти дощових черв'яків позитивно впливають на фізичні властивості ґрунтів (Прусак, 2008). Мікрофлора копролітів містить велику кількість ферментів, антибіотиків, амінокислот, вітамінів та інших біологічно активних речовин, що сприяє знешкодженню патогенної мікрофлори, поліпшенню мікробіологічної характеристики і оздоровленню ґрунту (Бітюцький, 2005).

Отже, збільшення чисельності дощових черв'яків на чорноземі опідзоленому за технологією локального окультурювання свідчить про активізацію самовідновлюваних і саморегуляційних процесів у ґрунті та поліпшення його екологічного стану.

Відомо, що копроліти дощових черв'яків мають нейтральну реакцію. Це обумовлено спеціальними залозами їх кишкового апарату з продукування вапна (Ігонін, 2008), яке нейтралізує кислоти, що утворюються при розкладанні органічних речовин. На підставі цього стає зрозумілим і такий парадоксальний факт, що майже за повної відсутності заходів із вапнування відбувається нейтралізація або навіть підлугування ґрунтів з низькими значеннями рН. Наприклад, у Харківській області хімічна меліорація кислих ґрунтів не проводиться з кінця 80-х років минулого сторіччя, а їх площі на теперішній час скоротилися майже втричі. Поки що пояснення цьому факту не існувало. Нами зроблено припущення, що зниження кислотності та нейтралізація ґрунтів може відбуватися під впливом біологічного фактору і, в першу чергу, зростання чисельності дощових черв'яків у ґрунтах за умов зменшення хімічних навантажень (мінеральних добрив та меліорантів, гербіцидів, фунгіцидів і т. ін.). Як було вищезазначено, черв'яки «переорюють» ґрунт на глибину до двох метрів, досягаючи лесових порід, які містять до 25–30 % карбонатів кальцію. При цьому значна кількість СаСО₃ потрапляє у верхні шари ґрунту у вигляді копролітів, що сприяє зрушенню кисло-лужної рівноваги верхніх горизонтів у бік нейтральної реакції. Вочевидь, відбувається природна біологічна меліорація ґрунтів, яка в кінцевому рахунку, сприяє самовідторенню і саморегуляції їх родючості.

Також добре відома теза про те, що вапнування сприяє утворенню ґрунтових агрегатів, коагуляції колоїдів, поліпшенню структури ґрунту та аерації, полегшує його обробіток, тривалий час не знаходила точного наукового обґрунтування. На наш погляд, внесення простої мінеральної речовини у вигляді карбонату кальцію не може бути достатнім аргументом у поясненні поліпшення вищенаведених фізичних властивостей ґрунту. Скоріше за все, ці позитивні зміни відбуваються опосередковано, завдяки покращенню при вапнуванні (за рахунок нейтралізації кислотності) умов життєдіяльності дуже корисних для ґрунту дощових черв'яків, які суттєво поліпшують екологічний стан ґрунтів через: формування водостійкої структури, поліпшення аерації та вологопроникливості, збагачення гумусом та азотом, пригнічення розвитку патогенної і активізації діяльності корисної мікрофлори тощо.

Підсумовуючи вищенаведене, можна зазначити, що застосування технології локального окультурювання кислих ґрунтів покращує їх екологічний стан і спрямовує культурний ґрунтотворний процес у позитивному напрямку.

ВИСНОВКИ

1. Застосування технології локального окультурювання кислого ґрунту, порівняно з традиційною технологією, дозволяє скоротити втрати від вимивання: вапна майже в три рази, водорозчинної органіки та нітратів відповідно в 1,5 та 1,4 рази. Локалізація в кореневмісному шарі ґрунту поживних речовин, які входять до складу ОМДМ, сприяє й зберіганню від вимивання таких важливих елементів живлення як фосфор, калій та магній.

2. Штучно створений у локальних стрічках високобуферний органо-мінеральний комплекс слугує універсальною нішею для розвитку кореневої системи, інтенсифікації мікробіоценотичної діяльності, ферментативної активності і забезпечує саморегуляцію (самовідтворення) родючості в ґрунті. Останньому сприяє й збільшення чисельності дощових черв'яків на чорноземі опідзоленому за технологією локального окультурювання.

3. Технологія локального окультурювання порівняно з традиційними технологіями суттєво поліпшує екологічний стан кислих ґрунтів, що відображається в зменшенні вимивання в підґрунті води хімічних сполук, покращенні процесів акумуляції органічної речовини і накопичення гумусу, активізації діяльності біологічної складової.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Битюцкий Н. П. Влияние дождевых червей на модификацию популяции микроорганизмов и активность ферментов в почве / Н. П. Битюцкий, А. Н. Соловьева, Е. И. Лукина и др. // Почвоведение. – 2005. – № 1. – С. 82-91.

Большой практикум по микробиологии / Под ред. Г. Л. Селибера. – М. : Высш. школа, 1962. – 492 с.

Дерій С. І. Основи екології / С. І. Дерій, В. О. Ілюха. – К. : Вид-во Українського фітосоціологічного центру, 2000. – 200 с.

Звягинцев Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д. Г. Звягинцев, И. В. Асеева, И. П. Бабьева и др. – М. : МГУ, 1980. – 224 с.

Иванов В. Дождевые черви. Чем и как они питаются / Гуманное садоводство [Електронний ресурс]. – Сентябрь 2006. – Режим доступу до сайту: <http://www.humangarden.ru/books/chervi.htm>

Игонин А. М. Дождевые черви и производство биогумуса / А. М. Игонин / Земля вашего сада [Електронний ресурс]. – 2008. – Режим доступу до сайту: <http://www.sunnygarden.ru/soil/worm.html>

Івашура А. А. Екологія: теорія та практикум / А. А. Івашура, В. М. Орехова. – Х. : ІНЖЕК, 2004. – 256 с.

Прусак А. В. Гидрофизические свойства и биологическая активность копролитов дождевых червей разных эколого-трофических групп / А. В. Прусак, А. В. Смагин, Н. В. Костина и др. / Российская академия естествознания [Електронний ресурс] – 2008. – Режим доступу до сайту: http://www.rae.ru/fs/pdf/2008/02/2008_02_32.pdf

Сучасна концепція хімічної меліорації кислих і солонцевих ґрунтів / [За редакцією С. А. Балюка і Р. С. Трускавецького]. – Х., 2008. – 100 с.

Трускавецький Р. С. Агроекологічна та енергетична оцінка технології локального окультурення дерново-підзолистих ґрунтів / Р. С. Трускавецький, Ю. Л. Цапко, Н. Ф. Чешко // Вісник Львівського державного аграрного університету. Агрономія. – № 6. – 2002. – С. 11-17.

Трускавецький Р. С. Локальне окультурювання – ефективний прийом відтворення родючості ґрунту / Р. С. Трускавецький, Ю. Л. Цапко, С. І. Христенко та ін. // Агрохімія і ґрунтознавство. – Х., 2003. – Вип. 64. – С. 12-16.

Холхоева Л. С. Механизмы устойчивости дождевых червей (Сем. LUMBRICIDAE) к дестабилизирующим естественным и антропогенным факторам / Л. С. Холхоева // Актуальные проблемы сохранения устойчивости живых систем. Сборник статей Международной научной экологической конференции. – Белгород: изд-во БелГУ, 2004. – С. 232-233.

Цапко Ю. Л. Вплив трофічної гетерогенності орного шару ґрунту на його родючість / Ю. Л. Цапко // Вісник ХНАУ. – 2003. – № 1. – С. 79-83.

Цитович И. К. Химия с сельскохозяйственным анализом / И. К. Цитович. – М. : Колос. 1974. – 528 с.

Надійшла до редколегії 06.10.10

ҐРУНТОВА МІКРОБІОЛОГІЯ

УДК 556.31+57:012.4+017.7+052+086.3+577.121+581.144.2

Н. М. Джура¹, О. М. Мороз¹, І. Б. Русин², О. Р. Кулачковський¹,
О. М. Цвілінюк¹, О. І. Терек¹

ВПЛИВ РОСЛИН БОБУ КОРМОВОГО (*Vicia faba* var. *minor*) НА ФУНКЦІОНУВАННЯ МІКРОБНИХ АСОЦІАЦІЙ МЕТАБОЛІЗМУ АЗОТУ В ЗАБРУДНЕНОМУ НАФТОЮ ҐРУНТІ

¹Львівський національний університет ім. І. Франка

²Національний університет «Львівська політехніка»

Вивчали вплив вищих рослин на чисельність фізіологічних груп мікроорганізмів кругообігу азоту в умовах нафтового забруднення ґрунтів. Як об'єкт використовували однорічну рослину родини *Fabaceae* – біб кормовий (*Vicia faba* var. *minor*). Модельні експерименти проводили в лабораторних умовах. Нафту вносили із розрахунку 50 і 100 г/кг ґрунту. Через чотири тижні після внесення нафти в підготовлений ґрунт висаджували насіння *V. faba* var. *minor*. Зразки ґрунту без рослин з нафтою у вищевказаних концентраціях і без нафти, а також з рослинами без нафти були контрольними. Період деградації нафти в ґрунті тривав 80 днів, з них 42 дні – рекультивацийний період за участю рослин. Після зазначеного терміну вивчали чисельність фізіологічних груп мікроорганізмів кругообігу азоту.

Ключові слова: нафтове забруднення ґрунту, рослини бобу кормового (*Vicia faba* var. *minor*), амоніфікатори, актиноміцети.

Н. М. Джура¹, О. М. Мороз¹, І. Б. Русин², А. Р. Кулачковський¹, О. Н. Цвілінюк¹, О. І. Терек¹

¹Львовский национальный университет им. И. Франко

²Национальный университет «Львовская политехника»

ВЛІЯННЯ РАСТЕНИЙ БОБА КОРМОВОГО (*Vicia faba* var. *minor*) НА ФУНКЦІОНІРОВАНИЕ МИКРОБНЫХ АССОЦИАЦИЙ МЕТАБОЛИЗМА АЗОТА В ЗАГРЯЗНЕННОЙ НЕФТЬЮ ПОЧВЕ

Изучали влияние высших растений на численность физиологических групп микроорганизмов кругооборота азота в условиях нефтяного загрязнения почв. В качестве объекта использовали однолетнее растение семейства *Fabaceae* – боб кормовой (*Vicia faba* var. *minor*). Модельные опыты проводили в лабораторных условиях. Нефть вносили из расчета 50 и 100 г/кг почвы. Через четыре недели после внесения нефти в подготовленную почву высаживали семена *V. faba* var. *minor*. Образцы почвы без растений с нефтью в вышеуказанных концентрациях и без нефти, а также с растениями без нефти были контрольными. Период деградации нефти в почве длился 80 дней, из них 42 дня – рекультивационный период с участием растений. После указанного срока изучали численность физиологических групп микроорганизмов кругооборота азота.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение почвы, растения боба кормового (*Vicia faba* var. *minor*), амонификаторы, актиномицеты.

N. M. Dzhura¹, O. M. Moroz¹, I. B. Rusyn², O. R. Kulachkovsky¹, O. M. Tsvilynyuk¹, O. I. Terek¹

¹I. Franko Lviv National University

²National University «Lviv Polytechnika»

INFLUENCE OF THE FODDER BEANS (*Vicia faba* var. *minor*) ON THE NITROGEN METABOLISM OF THE MICROBE ASSOCIATIONS IN THE OIL-POLLUTED SOIL

The present paper is dedicated to the problem of an extensive oil-pollution of territories and the necessity of the implementation of soil restoration process. The object is a group of annual *Fabaceae* plants – the fodder beans. The model tests were carried out in the laboratory environment. Oil was

applied according to the following ratio: 50 and 100 g/kg (oil/soil). After four weeks of oil adding to the prepared soil, the *Vicia faba* var. minor seeds were planted. The following soil samples were kept under observation: pure soil with and without oil, soil and plants without oil. The period of oil degradation in soil lasted for 80 days (the period of restoration with the plants presence took 42 days). After mentioned period of time a quantity of the physiological groups of the nitrogen cycle microorganisms taking part was studied.

Key words: oil pollution of soil, fodder bean plants (*Vicia faba* var. minor), amonifcators, actinomycetes, oligonitrophyles, nitrogen fixers, nitrificators, denitrificators.

На сьогоднішній день проблема деградації земель на Прикарпатті та й у цілому по Україні залишається надзвичайно гострою. Карпатський регіон України є регіоном, у межах якого видобувається значна кількість нафти і газу. Нафтові родовища міста Борислава, що на Львівщині, розглядаються як об'єкти підвищеного ризику екологічної небезпеки. Забруднені нафтою ґрунти є практично непридатними для життєдіяльності як ґрунтової біоти, так і вищих рослин. У попередніх дослідженнях встановлено толерантність до нафтозабруднених ґрунтів рослин осоки шорсткостоволоистої (*Carex hirta* L.). Експериментально показано, що ці рослини, розмножуючись кореневищами, захоплюють забруднені ділянки навіть за наявності сильного забруднення нафтою (100 г/кг), позитивно впливають на фізико-хімічні та мікробіологічні властивості ґрунту, призводять до зростання в ньому вмісту основних елементів мінерального живлення – фосфору, калію, магнію, а також сприяють біодеградації нафти в ґрунті (Джура, 2006, 2007; Мороз, 2006; Dzhura, 2007). Поряд із довгокореневищними видами стійкими до нафтового забруднення ґрунту є рослини родини Бобових (*Fabaceae*). Дослідники пояснюють стійкість бобових рослин їх здатністю фіксувати атмосферний азот і таким чином забезпечувати себе джерелом мінерального живлення у нафтозабрудненому ґрунті, де більшість необхідних рослині елементів живлення знаходиться у недоступній для рослини формі через змінені фізико-хімічні властивості ґрунту. Серед інших чинників стійкості називають здатність азотфіксувальних бактерій роду *Rhizobium*, симбіотичних з рослинами бобових, розкладати вуглеводні нафти (Frassinetti, 1998; Crowley, 1996). В умовах нафтового забруднення в ґрунті підвищується чисельність і активність усіх фізіологічних груп мікрофлори. Разом з тим знижується видова різноманітність мікроорганізмів за рахунок виживання небагаточисельних видів з високою метаболічною активністю. Співвідношення чисельності мікроорганізмів, які беруть участь в окисно-відновній трансформації азоту, під впливом нафтового забруднення змінюється: збільшується кількість азотфіксаторів, амоніфікаторів, денітрифікаторів, знижується чисельність нітрифікаторів (Исмаилов, 1983; Мороз, 2006). Проблема фіксації мікроорганізмами молекулярного азоту привертає велику увагу дослідників. Важливість даного процесу полягає в поповненні запасів зв'язаного азоту ґрунтів, покращенні режиму азотного живлення рослин, підвищенні родючості ґрунту, а також відзначається значними екологічними і економічними перевагами утворення біологічного азоту у порівнянні з внесенням азоту мінеральних добрив (Мальцева, 2000). З метою пошуку оптимальних заходів фіторе mediaції нафтозабруднених територій насіннєвим способом важливим є вивчення впливу рослин бобу кормового (*Vicia faba* var. minor) на зміну чисельності мікрофлори кругообігу азоту в ґрунті за дії нафти, а також виникнення і функціонування азотфіксувальних симбіотичних систем мікроорганізмів і рослин бобу кормового.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Досліди закладали в лабораторних умовах. У посудини з ґрунтом вносили нафту (густиною 0,87 г/мл) у кількості 50 і 100 г нафти на 1 кг сухого ґрунту. Через 4 тижні після внесення нафти в ґрунт висаджували попередньо замочене у воді (15 год) насіння бобу кормового (*V. faba* var. minor) (Карпин, 2008). Схожість насіння рослин у нафтозабрудненому ґрунті визначали за загальноприйнятою методикою (Карпин, 2008). Період деградації нафти у ґрунті тривав 80 діб, з них 42 доби – рекультивацийний період за участю рослин бобу кормового (*V. faba* var. minor). Після зазначеного терміну визначали кількість фізіологічних груп мікроорганізмів кругообігу азоту.

Зразки ґрунту без рослин з нафтою у вищенаведених концентраціях і без нафти, а також з рослинами без нафти були контрольними.

Забір середньої проби ґрунту, підготовку зразка, виготовлення ґрунтової суспензії, висів на відповідні середовища, підрахунок колоній проводили, як описано у вказаних працях (Гудзь, 2003; Теппер, 1987). Уміст абсолютно сухого ґрунту визначали в 1 г аналізованого сирого ґрунту сушкою бюксів з наважками при 105 °С до постійної маси (Теппер, 1987).

Сапрофіти, або мікроорганізми, що використовують органічні форми азоту, у тому числі амоніфікатори, виявляли на м'ясо-пептонному агарі; мікроорганізми, що використовують мінеральні форми азоту, у тому числі актиноміцети, виявляли на крохмало-аміачному агарі, а також на середовищі Чапека; олігонітрофіли, у тому числі азотфіксатори і клостридії, виявляли на середовищі Ешбі для *Azotobacter*; нітрифікатори I та II фаз нітрифікації – на середовищах Виноградського для *Nitrosomonas* і *Nitrobacter* відповідно; денітрифікатори виявляли на середовищах Гільтая і Баалсруда для *Thiobacillus denitrificans* (Гудзь, 2003; Каравайко, 1972; Теппер, 1987). Підрахунок клітин мікроорганізмів (КУО – колонієтворних одиниць) у 1 г сухого ґрунту на твердих середовищах на поверхні і в товщі агару здійснювали безпосередньо на чашках, ураховуючи розведення і відносну вологість ґрунту. Кількість клітин нітрифікаторів та денітрифікаторів визначали за ростом у відповідних рідких середовищах за методом граничних розведень, ураховуючи розведення та відносну вологість ґрунту, згідно з таблицею Мак-Креді (Теппер, 1987). Результати опрацьовували статистично (Деркач, 1977).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Проаналізовано вплив забруднення ґрунту нафтою на процес проростання насіння бобу кормового (рис. 1, 2). За дії середнього нафтового забруднення (50 г/кг) схожість насіння сягала контролю, тоді як за дії нафти 100 г/кг – знижувалася до 50 %, що також є високим показником, оскільки в природі за такого рівня забруднення розмноження рослин насінням неможливе. Таким чином, виявлено здатність насіння бобу кормового проростати у сильно забрудненому нафтою ґрунті. Рослини бобу кормового (*V. faba* var. *minor*) можуть бути рекомендовані для заселення нафтозабруднених територій насіннєвим способом.

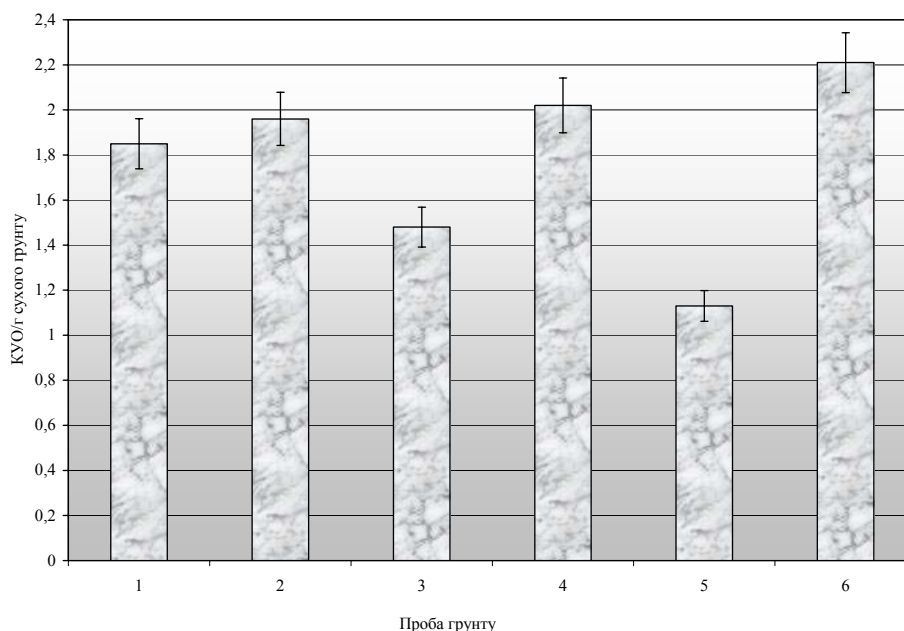


Рис. 1. Схожість насіння бобу кормового в ґрунті, забрудненому нафтою, на 7-й день проростання

У процесі формування і функціонування біогеоценозів у ґрунті формується мікробна асоціація певного складу, чисельності й активності. Мікробна асоціація, розвиваючись у строго визначених умовах температури, вологості та окисно-відновного потенціалу ґрунту, має специфічні функціональні особливості. У виникненні азотфіксуювальних симбіотичних систем мікроорганізмів і вищих рослин велику роль відіграє вуглецевий обмін симбіонтів. На засвоєння мікроорганізмами молекулярного азоту атмосфери впливає ряд екологічних факторів: вологість і тип ґрунту, ступінь аерації, температура, реакція середовища, рівень доступних макро- і мікроелементів, фаза росту і розвитку рослин (Андреюк, 1998; Вилесов, 1997; Мальцева, 2000). Бульбочкові бактерії постачають рослину азотними сполуками, а як джерело енергії використовують сполуки вуглецю, які синтезуються рослинами. Ризобіальний симбіоз бобових і бульбочкових бактерій значно залежить від нагромадження вуглеводів (моносахаридів) у тканинах рослин (Родынюк, 1979). Виявлено, що нафтове забруднення ґрунту практично не впливає на швидкість утворення і кількість бульбочок на коренях рослин бобу кормового (*V. faba* var. *minor*) (рис. 3). Розвиваючись в умовах нафтового забруднення ґрунту, рослини бобу кормового здійснюють його фіторекультивацию, оскільки беруть участь у біодеградації компонентів нафти, подібно до осоки шорстковолосистої (*Carex hirta* L.) (Мороз, 2006). Інтенсивне нагромадження вуглеводів у тканинах *V. faba* var. *minor* сприяє симбіотичній взаємодії азотфіксуювальних бактерій і рослин, що виявляється у відсутності відмінностей в утворенні бульбочок рослинами, вирощеними в ґрунті як з нафтою, так і без неї.

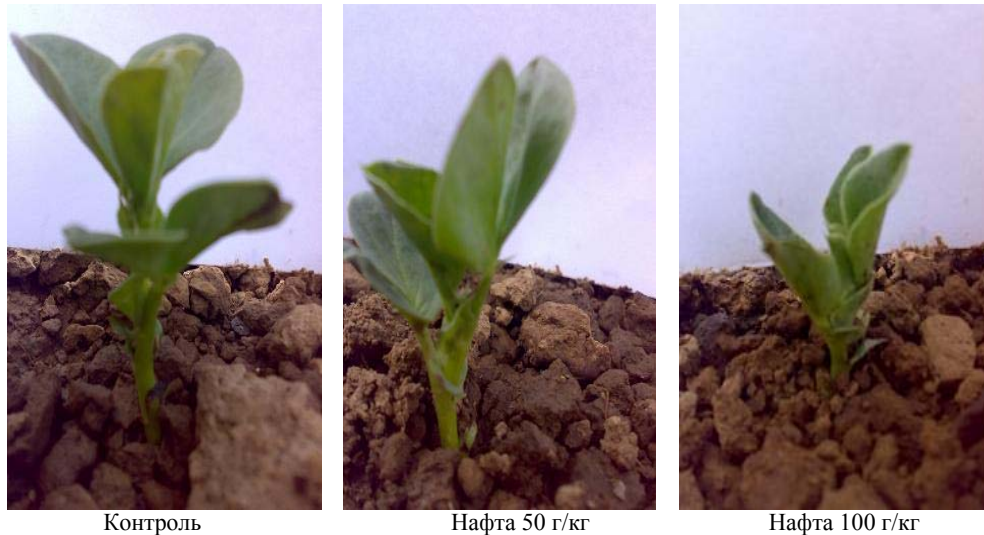


Рис. 2. Дванадцятиденні рослини бобу кормового в умовах росту в нафтозабрудненому ґрунті

Вивчено вплив нафтозабрудненого ґрунту і рослин бобу кормового (*V. faba* var. *minor*) на зміну чисельності фізіологічних груп ґрунтових мікроорганізмів кругообігу азоту (таблиця).

Чисельність сапрофітних мікроорганізмів, які використовують органічні форми азоту, у тому числі амоніфікаторів (*Proteus*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Trichotecium* і ін.), у ґрунті з нафтою без рослин значно знизилася (див. таблицю). Така зміна, очевидно, є адаптивною відповіддю мікробного угруповання на токсичний вплив нафти, яка проявляється виживанням лише видів, метаболічно активних у даних стресових умовах. Тобто можна припускати зниження видової різноманітності мікробіоценозу. Кількість мікроорганізмів цієї групи в ґрунті з нафтою, але в присутності рослин, навпаки, зросла, хоча й незначно. Це можна пояснити позитивним впливом рослин бобу кормового (*V. faba* var. *minor*) на сапрофітну мікрофлору, які покращують структуру ґрунту, його водно-повітряні і сорбційні характеристики, збагачують мінеральними речовинами.



Контроль



Нафтове забруднення ґрунту

Рис. 3. Ризобіальний симбіоз бобу кормового і бульбочкових бактерій

Кількість мікроорганізмів, що використовують мінеральні форми азоту, у тому числі актиноміцетів (*Bacillus*, *Aspergillus*, *Achromobacter*, *Streptomyces* і ін.), у ґрунті з нафтою (100 г/кг сухого ґрунту) без рослин значно зросла, тоді як у ґрунті з нафтою і рослинами збільшилася несуттєво (див. *таблицю*). Представники цієї групи переважно аероби, більшість – сапрофіти. Очевидно, на зростання чисельності цих мікроорганізмів у присутності нафти більший вплив має доступність збільшеної кількості джерел вуглецевого живлення, ніж змінений кисневий режим й інші екологічні фактори.

Чисельність олігонітрофілів, у тому числі азотфіксаторів і клостридій (*Achromobacter*, *Azospirillum*, *Klebsiella*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Frankia*, *Clostridium*, *Azotobacter*, *Azotomonas*, *Beijerinckia*, *Derxia* і ін.), у нафтозабрудненому ґрунті з рослинами і без них суттєво не змінилася (див. *таблицю*), але із збільшенням концентрації нафти в ґрунті (100 г/кг) спостерігається тенденція до зростання кількості цих мікроорганізмів (майже вдвічі) у присутності рослин бобу кормового (*V. faba* var. *minor*) (варіант 6 щодо варіанту 5) (рис. 4). Азотфіксатори використовують продукти метаболізму нафтоокиснюючих мікроорганізмів. Їх нітрогеназна система різко інгібується киснем. Чисельність азотфіксаторів у нафтозабрудненому ґрунті незначно змінюється, можливо, завдяки погіршенню доступу кисню в ґрунт та інтенсивному споживанню кисню збільшеною кількістю аеробних нафтоокиснюючих бактерій (Исмаилов, 1983). Зростанню чисельності мікроорганізмів цієї фізіологічної групи в нафтозабрудненому ґрунті у присутності рослин бобу кормового сприяє покращення рослинами фізико-хімічних характеристик ґрунту та виникнення вуглецевого обміну між ними.

Кількість нітрифікаторів I та II фаз нітрифікації (*Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrosolobus*, *Nitrosovibrio*; *Nitrobacter*, *Nitrospira*, *Nitrococcus* і ін.) у нафтозабрудненому ґрунті з рослинами і без них суттєво знизилася (див. *таблицю*). Найменшу кількість цієї групи мікроорганізмів виявлено в ґрунті з нафтою (100 г/кг) без рослин. У присутності рослин у цьому ж ґрунті мікроорганізмів виявилася хоча і значно менше, ніж у контрольному зразку, але на два порядки більше, ніж у ґрунті без рослин. Оскільки інтенсивність нітрифікації визначає концентрація вуглецевого субстрату і розчиненого кисню, зменшення чисельності цієї фізіологічної групи мікроорганізмів можна пояснити чутливістю їх до низької концентрації кисню і великої кількості органічних речовин, які інгібують розвиток цих мікроорганізмів.

Значно зростає чисельність денітрифікаторів (*Pseudomonas*, *Paracoccus*, *Bacillus*, *Thiobacillus* і ін.) у нафтозабрудненому ґрунті як з рослинами, так і без, причому майже вдвічі більше в присутності рослин бобу кормового, ніж без них. Більшість денітрифікаторів – факультативно-анаеробні хемоорганотрофи. При дисимільційній денітрифікації нітрати є окиснювачами органічної речовини, що забезпечує

Вплив рослин бобу кормового (*Vicia faba* var. minor) на чисельність мікроорганізмів метаболізму азоту в ґрунті, забрудненому нафтою

Проба ґрунту	Кількість мікроорганізмів, КУО/г сухого ґрунту				
	Мікроорганізми, що використовують органічні форми азоту, у тому числі амоніфікатори	Мікроорганізми, що використовують мінеральні форми азоту, у тому числі актиноміцети	Олігонітрофіли, у тому числі азотфіксатори (<i>Azotobacter</i>) і клостридії	Нітрифікатори (I та II фаз нітрифікації)	Денітрифікатори, у тому числі <i>Thiobacillus denitrificans</i>
Ґрунт без нафти без рослин	$(9,78 \pm 0,02) \cdot 10^5$	$(1,63 \pm 0,02) \cdot 10^5$	$(1,85 \pm 0,01) \cdot 10^5$	$(2,68 \pm 0,01) \cdot 10^6$	$(3,62 \pm 0,05) \cdot 10^5$
Ґрунт без нафти з рослинами	$(1,36 \pm 0,04) \cdot 10^6$	$(6,51 \pm 0,10) \cdot 10^5$	$(1,96 \pm 0,03) \cdot 10^5$	$(2,74 \pm 0,01) \cdot 10^6$	$(6,10 \pm 0,01) \cdot 10^5$
Ґрунт з нафтою (50 г/кг) без рослин	$(3,64 \pm 0,07) \cdot 10^{5*}$	$(1,71 \pm 0,08) \cdot 10^5$	$(1,48 \pm 0,11) \cdot 10^5$	$(3,11 \pm 0,03) \cdot 10^{4*}$	$(1,59 \pm 0,03) \cdot 10^{6*}$
Ґрунт з нафтою (50 г/кг) з рослинами	$(1,53 \pm 0,04) \cdot 10^6$	$(5,43 \pm 0,05) \cdot 10^5$	$(2,02 \pm 0,06) \cdot 10^5$	$(1,68 \pm 0,02) \cdot 10^{5*}$	$(2,49 \pm 0,07) \cdot 10^{6*}$
Ґрунт з нафтою (100 г/кг) без рослин	$(3,68 \pm 0,03) \cdot 10^{5*}$	$(6,55 \pm 0,09) \cdot 10^{5*}$	$(1,13 \pm 0,03) \cdot 10^5$	$(9,65 \pm 0,05) \cdot 10^{2*}$	$(1,76 \pm 0,10) \cdot 10^{6*}$
Ґрунт з нафтою (100 г/кг) з рослинами	$(2,17 \pm 0,05) \cdot 10^6$	$(8,60 \pm 0,07) \cdot 10^5$	$(2,21 \pm 0,14) \cdot 10^5$	$(8,60 \pm 0,09) \cdot 10^{4*}$	$(3,23 \pm 0,11) \cdot 10^{6*}$

Примітка. «*» – $p \leq 0,05$

мікроорганізми енергією. Очевидно, у присутності нафти ґрунт збагачується легкодоступними органічними сполуками. Під дією нафтоокиснюючих мікроорганізмів, активність яких зростає в присутності рослин, утворюється велика кількість продуктів неповного окиснення парафінів нафти. Крім цього, у нафтозабрудненому ґрунті створюється сприятливий для денітрифікаторів кисневий режим (погіршується доступ кисню). Можливо, нафтове забруднення понижує активність нітратредуктази, що компенсується збільшенням чисельності денітрифікуючих мікроорганізмів (Ісмаїлов, 1983).

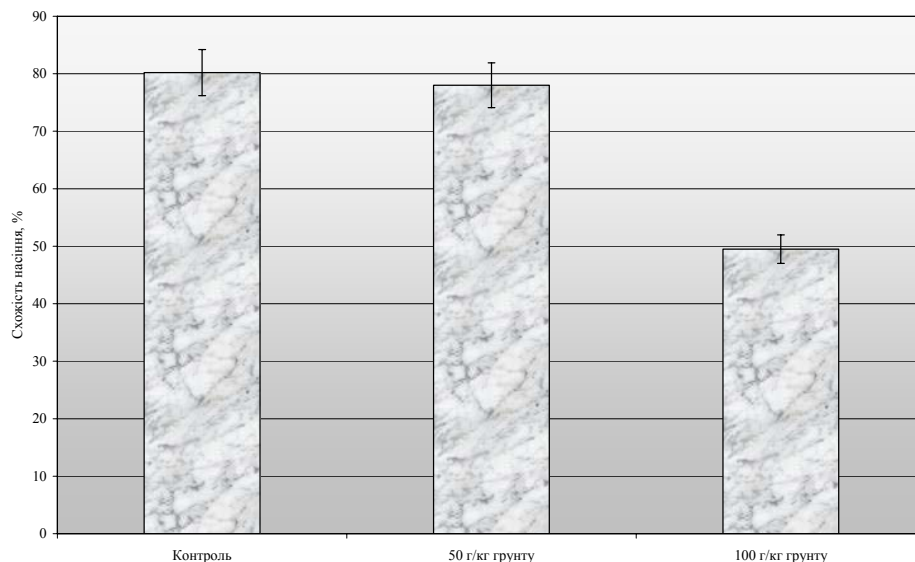


Рис. 4. Чисельність олігонітрофілів у нафтозабрудненому ґрунті за впливу рослин бобу кормового (*Vicia faba* var. *minor*):

1 – ґрунт без нафти без рослин; 2 – ґрунт без нафти з рослинами; 3 – нафта, 50 г/кг ґрунту без рослин; 4 – нафта, 50 г/кг ґрунту з рослинами; 5 – нафта, 100 г/кг ґрунту без рослин; 6 – нафта, 100 г/кг ґрунту з рослинами

ВИСНОВКИ

1. Чисельність мікроорганізмів, які використовують органічні форми азоту, у тому числі амоніфікаторів, у ґрунті з нафтою без рослин бобу кормового значно знизилася, у присутності рослин – незначно зросла.

2. Кількість мікроорганізмів, що використовують мінеральні форми азоту, у тому числі актиноміцетів, у ґрунті з нафтою без рослин значно зросла, тоді як у ґрунті з нафтою і рослинами збільшилася несуттєво.

3. Чисельність олігонітрофілів, у тому числі азотфіксаторів і клостридій, у нафтозабрудненому ґрунті з рослинами і без суттєво не змінилася, але із збільшенням концентрації нафти в ґрунті у присутності рослин їх кількість незначно зростала.

4. Кількість нітрифікаторів у нафтозабрудненому ґрунті з рослинами і без них суттєво знизилася. У присутності рослин у цьому ж ґрунті цих мікроорганізмів виявилася на два порядки більше, ніж без рослин.

5. Значно зросла чисельність денітрифікаторів у нафтозабрудненому ґрунті як з рослинами, так і без, причому майже вдвічі більше у присутності рослин, ніж без них.

6. Рослини бобу кормового (*Vicia faba* var. *minor*), насіння яких виявилася здатним проростати у сильно забрудненому нафтою ґрунті і які в цих умовах здійснюють позитивний вплив на функціонування мікробних асоціацій метаболізму азоту, можуть бути рекомендовані для заселення нафтозабруднених територій насіннєвим способом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Андреюк Е. И.** Влияние углеаммонийных солей и тримана-1 на формирование и интенсивность симбиоза гороха с клубеньковыми бактериями / Е. И. Андреюк, А. Ф. Антипчук, В. Н. Рангелова, Е. В. Танцюренко // *Элементы регуляции в растительности*: 36. науч. пр. НАН Украины; Ин-т биоорг. химии та нафтохімії; НІЦ «АКСО». – К.: ВВП «Компас», 1998. – С. 157-165.
- Вилесов Г. И.** Биологическая фиксация молекулярного азота при использовании аммонийно-карбонатных соединений / Г. И. Вилесов, О. Е. Давыдова, Н. Н. Мальцева и др. // *Микробиологический журн.* – 1997. – Т. 59, № 4. – С. 51-59.
- Гудзь С.** Практикум з мікробіології / С. Гудзь, С. Гнатуш, І. Білінська. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2003. – 80 с.
- Деркач М. П.** Курс варіаційної статистики / М. П. Деркач, Р. Я. Гумецький, М. Є. Чабан. – К.: Вища шк., 1977. – 208 с.
- Джура Н.** Використання рослин для рекультиватії ґрунтів, забруднених нафтою і нафтопродуктами / Н. Джура, О. Романюк, Я. Гонсьор, О. Цвілінюк, О. Терек // *Екологія та ноосферологія*. – 2006. – Т. 17, № 1-2. – С. 55-60.
- Джура Н. М.** Вплив нафтового забруднення на вміст макро- та мікроелементів у рослинах *Carex hirta* L. / Н. М. Джура, О. М. Цвілінюк, О. І. Терек // *Український ботанічний журнал*. – 2007. – Т. 64, № 1. – С. 122-131.
- Исмаилов Н. М.** Влияние нефтяного загрязнения на круговорот азота в почве / Н. М. Исмаилов // *Микробиология*. – 1983. – Т. 52, вып. 6. – С. 1003-1007.
- Каравайко Г. И.** Роль микроорганизмов в выщелачивании металлов из руд / Г. И. Каравайко, С. И. Кузнецов, А. И. Голомзик. – М.: Наука, 1972. – С. 190-221.
- Карпин О.** Вплив нафтового забруднення ґрунту на ростові показники, вміст перексиду водню та активність пероксидази рослин бобу (*Vicia faba* L.) / О. Карпин, Н. Джура, О. Цвілінюк, О. Терек // *Вісник Львів. нац. ун-ту. Серія біологічна*. – 2008. – Вип. 47. – С. 160-165.
- Мальцева Н. Н.** Интенсификация биологической азотфиксации при использовании аммонийно-карбонатных соединений и пути их воздействия на микроорганизмы и растения / Н. Н. Мальцева, Г. И. Вилесов, О. Е. Давыдова // *Мікробіологічний журнал*. – 2000. – Т. 62, № 3. – С. 56-65.
- Мороз О. М.** Вплив рослин *Carex hirta* на мікрофлору нафтозабруднених ґрунтів / О. М. Мороз, Н. М. Джура, Г. Я. Безноско, Т. Б. Перетятко, І. Б. Русин, О. М. Цвілінюк, О. Р. Кулачковський, О. І. Терек, С. П. Гудзь // *Науковий вісник Ужгород. ун-ту. Серія «Біологія»*. – 2006. – Вип. 19. – С. 149-154.
- Родынюк И. С.** Азотфиксирующая способность клубеньков бобовых и небобовых растений в зависимости от источника углерода / И. С. Родынюк // *Микробные ассоциации и их функционирование в почвах Западной Сибири*. – Новосибирск: Наука, 1979. – С. 236-243.
- Теппер Е. З.** Практикум по микробиологии / Е. З. Теппер, В. К. Шильникова, Г. И. Переверзева. – М.: Агропромиздат, 1987. – 239 с.
- Dzhura N.** Using plants for recultivation of oil polluted soils / N. Dzhura, O. Romanyuk, I. Oshchapovsky, O. Tsvilynyuk, O. Terek, A. Turovsky, G. Zaikov // *Handbook of Polymer Research: Monomers, Oligomers, Polymers and Composites*. – New York: Nova Science Publishers, Inc. – 2007. – P. 125-129.
- Frassinetti S.** Biodegradation of dibenzothiophene by a nodulating isolate of *Rhizobium meliloti* / S. Frassinetti, L. Setti, A. Corti, P. Farrinelli, P. Montevecchi and G. Vallini // *Can. J Microbiol.* – 1998. – Vol. 44. – P. 289-297.
- Crowley D. E.** Rhizosphere effects on biodegradation 2,5-dichlorobenzoate by a bioluminescent strain of root colonizing *Pseudomonas fluorescens* / D. E. Crowley, M. V. Brennerova, C. Irwin, V. Brenner and D. D. Foelt // *Microbiol. Ecol.* – 1996. – Vol. 20. – P. 79-89.

Надійшла до редколегії 07.07.09

МЕТОДИЧНІ РОЗРОБКИ

УДК 543.420

Ф. О. Чмиленко, Н. М. Смітюк

МІКРОХВИЛЬОВЕ ПОЛЕ В ПРОЦЕСІ ПРОБОПІДГОТОВКИ ЧЕРНОЗЕМІВ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ МЕТАЛІВ

Дніпропетровський національний університет імені О.Гончара

Мікрохвильовий вплив використано на стадії пробопідготовки чорнозему звичайного перед атомно-абсорбційним визначенням вмісту різних важких металів. Експериментально визначені оптимальні діапазони параметрів мікрохвильової обробки, що сприяють максимальному вилученню елементів у розчині. Розроблено експресні методики розкладання ґрунтів з використанням мікрохвильового впливу на стадії пробопідготовки.

Ключові слова: мікрохвильовий вплив, пробопідготовка ґрунту, валовий вміст елементів, чорнозем.

Ф. А. Чмиленко, Н. М. Смитюк

Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара

МИКРОВОЛНОВОЕ ПОЛЕ В ПРОЦЕССЕ ПРОБОПОДГОТОВКИ ЧЕРНОЗЕМОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ МЕТАЛЛОВ

Микроволновое воздействие использовано на стадии пробоподготовки чернозема обыкновенного перед атомно-абсорбционным определением содержания различных тяжелых металлов. Экспериментально определены оптимальные диапазоны параметров микроволновой обработки, способствующие максимальному извлечению элементов в растворы. Разработаны экспресные методики разложения почв с использованием микроволнового воздействия на стадии пробоподготовки.

Ключевые слова: микроволновое воздействие, пробоподготовка почвы, валовое содержание элементов, чернозем.

F. A. Chmilenko, N. M. Smityuk

O. Gonchar Dnipropetrovsk National University

MICROWAVE FIELD IN PROCESS OF CHERNOZEM SAMPLE PREPARATION IN DETERMINATION OF METAL

Microwave action has been used at the sample preparation stage of ordinary chernozem before atomic-absorptive heavy metal content test. The optimum ranges of microwave process parameters promoting the maximal extraction of elements in the solutions have been found experimentally. Express methods of soil decomposition using microwave action at the sample preparation stage have been developed.

Key words: microwave action, sample preparation of soil, total content of elements, chernozem.

Розкладання проб в процесі підготовки їх до аналізу можна розглядати як процес, що підсумовує значне число різних хімічних і фізико-хімічних взаємодій за участю речовин, що складають зразок, який аналізують. Закономірності, встановлені для окремих процесів (розчинення, окислення, комплексоутворення, гідролізу), справедливі і для пробопідготовки в цілому.

Тривалість аналітичного циклу може бути скорочена і за рахунок можливого в умовах надвисокочастотного випромінювання виключення окремих операцій або їх поєднання. Доцільне використання на стадії пробопідготовки мікрохвильових (МХВ)

закритих систем і виконання аналітичних процедур при підвищеній температурі і тиску. В цьому випадку спрощується склад використовуваної для хімічної обробки суміші, зменшується витрата реагентів, знижується вірогідність забруднення проб і втрат елементів у вигляді летких сполук. Привабливою є також можливість зміни механізму протікання хімічних реакцій в системі під впливом поля та використання МХВ систем при якісному та кількісному дослідженні хімічних взаємодій.

Скорочення часу є найбільш характерною перевагою МХВ пробопідготовки. Ця та інші особливості, що відмічені вище, значно впливають на метрологічні характеристики отримуваних результатів. Унікальна відтворюваність умов пробопідготовчої стадії (часу, потужності випромінювання, а також тиску в системі і температури) і, отже, повнота протікання реакцій дозволяє отримувати в результаті розкладання ідентичних проб розчини практично однакового складу, що позитивно позначається на відтворюваності подальшого визначення (Кубракова, 1992, 2000).

У багатьох роботах (Куцева, 2000; Никонов, 1997; Кубракова, 1999) розглядається механізм дії мікрохвильового поля на речовину. Основним чинником дії поля при розкладанні проб мінеральними кислотами вважають швидкий підйом температури суміші за рахунок активізації обертання диполів розчинника під дією високочастотного (звичайно 2450 МГц) електромагнітного поля, а також за рахунок іонної провідності. Вклад кожного з цих механізмів залежить від температури розчину, його в'язкості, вмісту солей і ряду інших чинників.

Вважають (Кузьмін, 1999), що мікрохвильовий нагрів сприяє руйнуванню приповерхневих шарів твердої речовини, що забезпечує істотне збільшення поверхні взаємодії з кислотами. Крім того, в розчині активізуються процеси дифузії і масопереносу. У роботі відмічено, що такий підхід до проблеми практично повністю ігнорує існування нетеплових ефектів, до яких слід віднести поляризацію і іонізацію молекул, порушення структури рідини, послаблення сольватаційних і гідратаційних ефектів, чинники можуть чинити істотний вплив на швидкість протікання хімічних реакцій і навіть на їх механізм (Седых, 1991). Мікрохвильове випромінювання впливає і на подвійний електричний шар, продукує вільні радикали, впливає на структуру полімерних речовин і викликає механічну напругу (деформації) в твердій матриці. Під дією мікрохвильового випромінювання мінімізуються дифузійні обмеження, покращується масоперенос (Кубракова, 1992).

Теоретичне вивчення механізму такого дослідженого процесу як окислення органічних сполук кислотами представляє великий інтерес. Збіг складу продуктів окислення в умовах звичайного і мікрохвильового нагріву є одним зі свідчень того, що шляхи протікання реакцій однакові; кінетика ж окислення істотно різна. Зокрема, швидкість розкладання об'єктів з органічною матрицею при одній і тій же температурі в умовах мікрохвильового нагріву значно вище, ніж при традиційному нагріві як у відкритих, так і закритих системах (Куцева, 2000; Седых, 1991; Кубракова, 1992). Для з'ясування причин цих відмінностей запропоновано було зіставити кількісні характеристики процесу окислення, що протікає в різних умовах, наприклад, величину енергії активації. Основним результатом є висновок про те, що дія випромінювання на гідроліз, комплексоутворення, окислення і полімеризацію не приводить до зміни шляху протікання реакції, складу речовин, що утворюються, а також E_A (Кубракова, 2000).

Значна кількість опублікованих робіт (Куцева, 2000; Кубракова, 1992, 1999) присвячена емпіричному вибору умов кислотного розкладання в умовах дії мікрохвильового випромінювання, у тому числі і підбору сумішей для розкладання.

Розглядаються також концентраційні співвідношення використовуваних окислювачів і повнота окислення реагуючих речовин, склад продуктів, що залишаються в розчині після мікрохвильової обробки, вплив складу отриманого розчину на результати інструментального визначення елементів. При проведенні аналізу методом спектрофотометрії, чутливим до присутності в розчині органічних речовин, ситуація істотно може бути покращена використанням на стадії пробопідготовки ефективного окислення при обробці сумішшю HNO_3 і H_2O_2 (1:10). Показано, що суміш HNO_3 і H_2O_2 (1:10) при мікрохвильовому розкладанні в замкнутих судинах повністю мінералізує біологічні об'єкти масою не більше 0,25 г (Кубракова, 1999). Розглянуті різні суміші

для розкладання органічних речовин: $\text{H}_2\text{O} + \text{HF} + \text{HNO}_3$, $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ та ін. Показано, що у присутності пероксиду водню відбувається значне зростання тиску в закритій системі, особливо при дії мікрохвильового випромінювання. Тому, при використанні закритих мікрохвильових систем для проведення розкладання найчастіше використовують суміш $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (4:1) (Кубракова, 1997).

Температура розкладання часто зумовлює вибір використовуваних кислот; її підвищення за допомогою варіацій матеріалів використовуваних судин (стекло, кварц, фторопласт) і видів систем (відкриті і закриті) дає можливість виключити з процесу мінералізації висококиплячу і вибухонебезпечну хлорну, сірчану і фосфорну кислоти, замінюючи їх зручнішими для розчинення хлоридною або нітратною кислотами.

Відомі роботи по використанню МХВ для розкладання біологічних матеріалів. Зазвичай процес обробки проби біологічного об'єкту кислотами в мікрохвильовій печі вельми ефективний і продовжується декілька хвилин, причому розкладання проводять як у відкритих, так і в закритих системах. Розроблена методика визначення широкого спектру елементів в біологічних пробах шляхом раціонального поєднання мікрохвильового розкладання з подальшим інструментальним аналізом розчинів (Кубракова, 1997).

Для підвищення експресності аналізу і поліпшення правильності отримуваних результатів вельми перспективне розкладання твердих проб і зв'язаних форм мікроелементів у фторопластових судинах, що нагріваються в результаті дії мікрохвильового випромінювання. Описано вибір умов експресного розкладання ґрунтів і пилу для подальшого визначення хрому і інших важких металів методами атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою і атомно-абсорбційної спектроскопії (Кубракова, 1992, 1997).

Таким чином, використання МХВ розкладання на стадії пробопідготовки при проведенні валового аналізу таких складних об'єктів, як ґрунти, є перспективним. Тому у даній роботі досліджено вплив параметрів МХВ випромінювання при використанні розбавлених розчинників на ступінь вилучення важких металів у розчини.

В якості об'єкта аналізу був обраний чорнозем звичайний. Зразки для аналізу були відібрані з промислової зони м. Дніпропетровська (зразок № 1) та з умовно чистої зони Дніпропетровської області (зразок № 2). За агрохімічною методикою (Воробьева, 1998) було встановлено валовий вміст важких металів в зразках ґрунту (табл. 1) методом атомної абсорбції. Подальше визначення ВМ проводилося в порівнянні з цими результатами та представлені у вигляді ступеню вилучення по відношенню до результатів валового розкладання ґрунтових зразків:

$$W_{el} = \frac{C_{визн}}{C_{max}} \cdot 100 \% ,$$

де $C_{визн}$ – концентрація елемента в аналізованому розчині, мг/кг; C_{max} – максимальна концентрація елемента в розчинах, отриманих при валовому розкладанні аналізованих зразків.

Таблиця 1

Результати атомно-абсорбційного визначення валового вмісту металів в зразках ґрунту

Елемент Зразок	Вміст, мг/кг							
	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn	Ni	Cd	Cr
№ 1	26,9	8897	998	129	366	14,6	1,10	19,6
№ 2	23,9	13619	568	111	341	17,9	0,90	64,8

Для підвищення експресності аналізу, зменшення витрат реактивів і поліпшення метрологічних характеристик методик аналізу проводили мікрохвильову обробку аналізованих зразків.

При отриманні ґрунтових розчинів із зразків подрібненого та просіяного ґрунту відбирали наважку 0,75 г, розмір якої було підібрано експериментально, додавали

розчинник (1 М розчини хлоридної або нітратної кислот) в масовому співвідношенні 1 частина ґрунту на 10 частин розчинника та проводили розкладання зразків в мікрохвильовій печі Alaska 600 М з баластом (500 мл дистильованої води). Потужність МХВ обробки варіювалася від 150 до 600 Вт, тривалість не перевищувала 5 хвилин. Визначення вмісту важких металів в розчинах після фільтрування отриманих ґрунтових сумішей проводили на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С-115 ПКС в полум'ї ацетилен-повітря методами градуувального графіка та добавок.

Досліджено дію різної потужності МХ випромінювання на ступінь вилучення металів в ґрунтові розчини. Для цього була проведена мікрохвильова обробка ґрунтових розчинів при різних значеннях потужності протягом 90 секунд. Встановлено, що для найповнішого розчинення аналізованих зразків мікрохвильове розкладання доцільно проводити при максимальній вихідній потужності МХВ-печі, що становить 600 Вт (табл. 2, рис. 1)

Таблиця 2

Залежність зміни вмісту (%) важких металів в ґрунті від тривалості мікрохвильової обробки (зразок 1, Р=600 Вт, 1,0 М НСІ)

Елемент	Потужність мікрохвильового випромінювання, Вт			
	150	300	450	600
Cu	30,12	75,66	81,15	92,13
Fe	5,01	9,98	57,82	85,73
Mn	10,24	15,05	44,29	82,14
Pb	9,41	24,49	37,07	44,20
Zn	7,32	21,38	42,16	48,76
Ni	4,08	9,15	22,74	32,62
Cd	29,10	38,59	48,18	76,97
Cr	–	14,83	49,05	71,86

З рис. 2 видно, що максимального ступеня вилучення елементів у розчини за 90 с досягти неможливо.

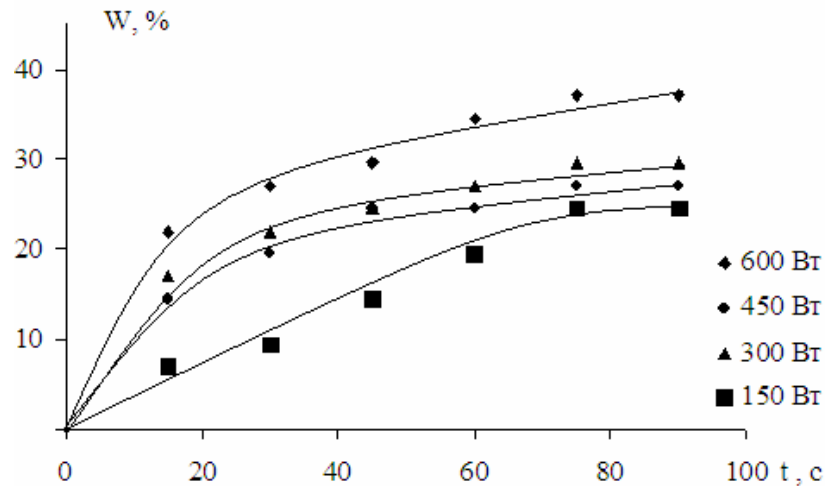


Рис. 2. Залежність зміни вмісту свинцю (%) в ґрунтових розчинах від тривалості мікрохвильової обробки (1,0 М НСІ)

Вивчення залежності концентрації важких металів, що вилучаються з ґрунтових зразків, від тривалості мікрохвильового впливу МХВ-поля проводили при максимальній потужності МХВ-печі (600 Вт) з використанням в якості розчинника розчину 1,0 М НСІ. Максимальний ступінь вилучення елементів з аналізованих проб спостерігається при проведенні мінералізації протягом 5 хв (рис. 2). При цьому лише для Ni

та Mn спостерігається ступінь вилучення на рівні їх валового вмісту в зразках. Тобто ступінь вилучення елементів в ґрунтові розчини залежить від природи елемента, що визначається.

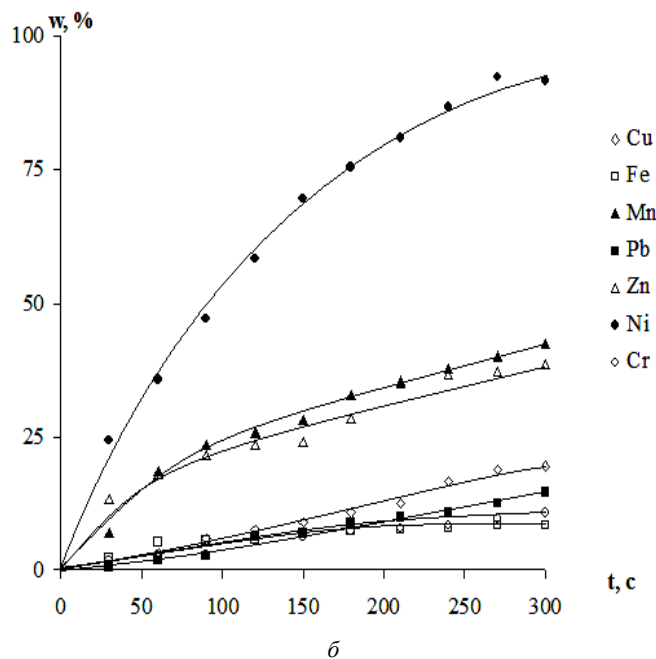
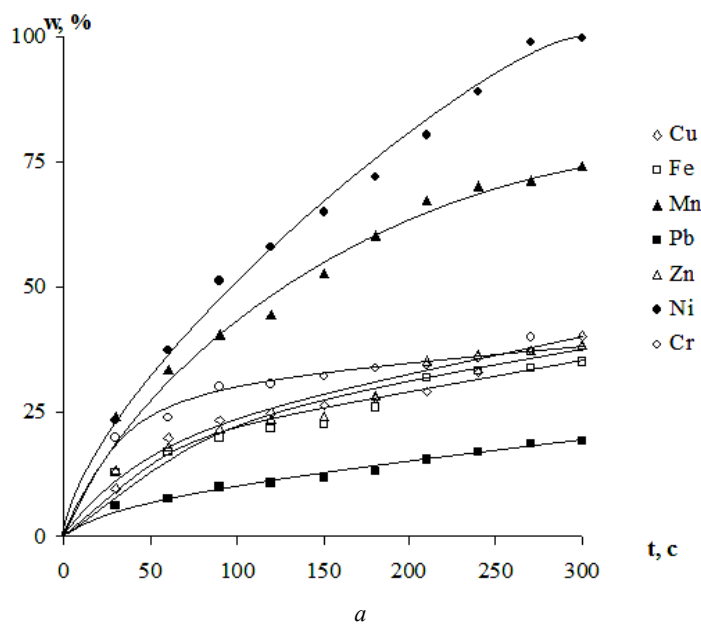


Рис. 2. Залежність зміни вмісту (%) важких металів в ґрунтових розчинах від тривалості мікрохвильової обробки ($P=600$ Вт, $1,0$ М HCl):
а – зразок 1; б – зразок 2.

Мікрохвильове випромінювання дає можливість спростити склад сумішей для розкладання ґрунтових зразків і замінити концентровані розчинники розбавленими. Для вивчення впливу природи розчинника на вилучення важких металів з ґрунту було приготовано ґрунтові розчини з використанням $1,0$ М HCl та $1,0$ М HNO_3 . Розкла-

дання проб проводили при потужності 600 Вт протягом 5 хв. Встановлено, що більш повне розкладання ґрунтових зразків спостерігається при використанні 1,0 М НСІ в якості мінералізуючого розчину (рис. 3).

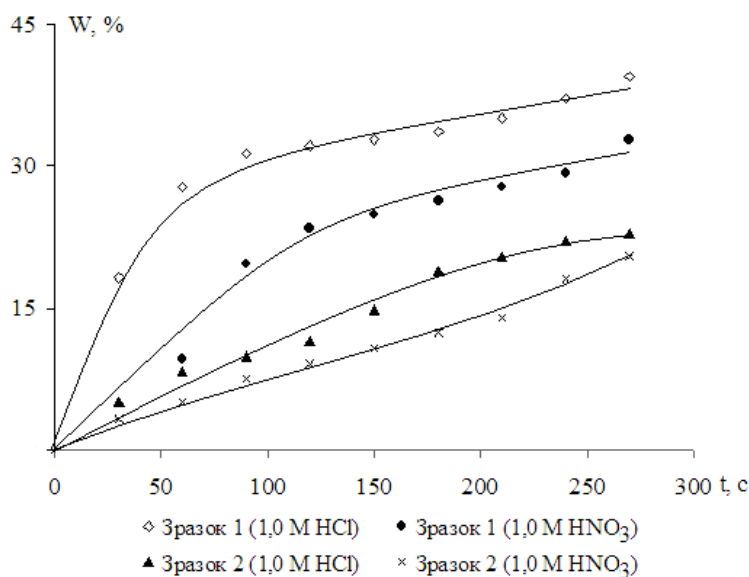


Рис. 3. Залежність зміни вмісту купруму в ґрунтових розчинах від природи розчинника та часу МВХ розкладання (P = 600 Вт)

Зважаючи на те, що використовувались зразки невеликої маси і мікрохвильова обробка протікає досить бурхливо, за короткий час можливі втрати аналізованих елементів у вигляді летких сполук, а також пересушування та обуглювання проб. Для попередження цього використовувався баласт, що дає змогу регулювати швидкість нагріву та потужність випромінювання, що поглинається аналізованою пробою. В ролі баласту виступала дистильована вода. Масу баласту змінювали від 250 до 1000 г.

Для вивчення впливу маси баласту на величину ступеню вилучення аналізованих елементів в ґрунтові витяжки, проби мінералізували з окислювальними сумішами складу 1,0 М НСІ та 1,0 М ННО₃ від 30 до 300 секунд при вихідній потужності печі 600 Вт.

Результати атомно-абсорбційного визначення важких металів в одержаних витяжках представлені на рис. 4.

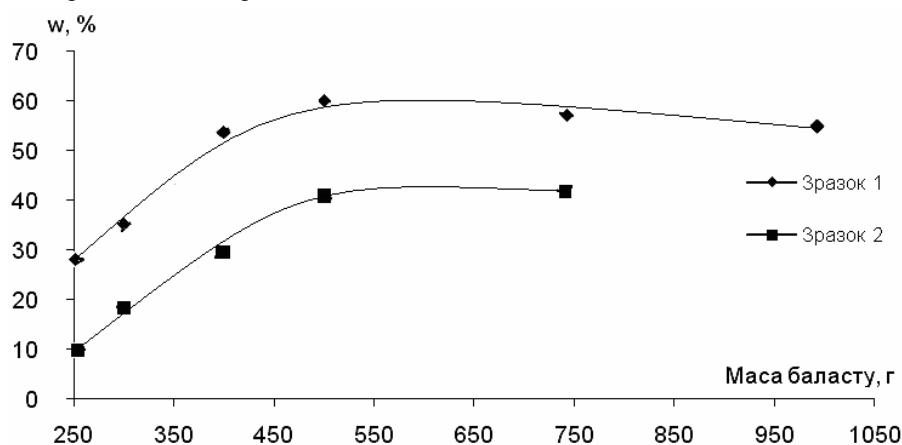


Рис. 4. Залежність зміни вмісту міді в ґрунтових зразках від маси баласту (вода) (1,0 М НСІ, P = 600 Вт, t=5 хв.)

Показано, що мікрохвильове розкладання ґрунтових зразків доцільно проводити з використанням баласту масою 500 г.

ВИСНОВКИ

1. Досліджено оптимальні умови мікрохвильової (потужність 600 Вт, тривалість випромінювання 5 хв, маса баласту 500 г,) пробопідготовки ґрунтових зразків. Вивчено вплив мікрохвильової обробки проб на ступінь вилучення металів з ґрунту порівняно зі стандартною агрохімічною методикою пробопідготовки.

2. Встановлено, що максимального вилучення елементів зі зразків чорнозему звичайного в розбавлені розчини мінеральних кислот при використанні мікрохвильового випромінювання можна досягти лише для окремих елементів (нікелю та мангану).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Воробьева Л. А.** Химический анализ почв / Л. А. Воробьева. – М. : МГУ, 1998. – 272 с.
- Кубракова И. В.** Воздействие микроволнового излучения на физико-химические процессы в растворах и гетерогенных системах: использование в аналитической химии / И. В. Кубракова // Журн. аналит. химии. – 2000. – Т. 55, № 12. – С. 1239-1249.
- Кубракова И. В.** Микроволновое окисление органических веществ азотной кислотой / И. В. Кубракова, А. Л. Формановский, Т. Ф. Кудинова и др. // Журн. аналит. химии. – 1999. – Т. 54, № 5. – С. 524-530.
- Кубракова И. В.** Микроволновая пробоподготовка в неорганическом элементном анализе / И. В. Кубракова, Н. М. Кузьмин // Заводская лаборатория. – 1992. – Т. 58, № 8. – С. 1-5.
- Кубракова И. В.** СВЧ-излучение как фактор интенсификации пробоподготовки. Анализ почв и пылей / И. В. Кубракова, Мун Ян Су, М. Абузвейда и др. // Журн. аналит. химии. – 1992. – Т. 47, № 5. – С. 776-782.
- Кубракова И. В.** СВЧ-излучение как фактор интенсификации пробоподготовки. Анализ объектов с органической матрицей / И. В. Кубракова, Т. Ф. Кудринова, Е. Б. Ставниченко и др. // Журн. аналит. химии. – 1997. – Т. 52, № 6. – С. 587-593.
- Кузьмин Н. М.** СВЧ-излучение как фактор интенсификации пробоподготовки. Анализ железомарганцевых конкреций / Н. М. Кузьмин, И. В. Кубракова, А. В., Дементьев и др. // Журн. аналит. химии. – 1990. – Т. 45, № 10. – С. 1888-1894.
- Куцева Н. К.** Микроволновая пробоподготовка при определении металлов в сточных водах / Н. К. Куцева, С. Л. Крючкова, С. В. Пирогова и др. // Журн. аналит. химии. – 2000. – Т. 55, № 12. – С. 1271-1276.
- Никонов Б. И.** Применение микроволновой пробоподготовки при анализе продуктов питания на содержание токсичных элементов / Б. И. Никонов, В. Б. Гурвич, Г. В. Матюхина и др. // Агрохимический вестник. Химия в сельском хозяйстве. – 1997. – № 5. – С. 24-25.
- Седых Э. М.** Микроволновое разложение биологических объектов для последующего атомно-абсорбционного и атомно-эмиссионного (с индуктивно связанной плазмой) анализа / Э. М. Седых, И. Н. Петровская, Г. А. Матусиевич и др. // Журн. аналит. химии. – 1991. – Т. 46, № 2. – С. 292-298.

Надійшла до редколегії 06.10.10

КОРОТКІ ПОВІДОМЛЕННЯ

УДК 678.65.41.21

Б. І. Мельников, С. І. Виходцев, Ш. З. Гареев, Н. П. Макаренко

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИСТКИ ХРОМВМІЩУЮЧИХ СТІЧНИХ ВОД І ВОДНИХ РОЗЧИНІВ

*Державний вищий навчальний заклад
«Український державний хіміко-технологічний університет»*

Вивчено процес очистки хромвміщуючих стічних вод та водних розчинів у результаті відновлення Cr (VI) до Cr (III) за допомогою карбамідоформальдегідної смоли. Визначені оптимальні параметри процесу.

Ключові слова: стічна вода, карбамідоформальдегідна смола, відновлення, хром.

Б. И. Мельников, С. И. Выходцев, Ш. З. Гареев, Н. П. Макаренко

*Государственное высшее учебное заведение
«Украинский государственный химко-технологический университет»*
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ
СТОЧНЫХ ВОД И ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

Изучен процесс очистки хромсодержащих сточных вод и водных растворов в результате восстановления Cr (VI) до Cr (III) с помощью карбамидоформальдегидной смолы. Определены оптимальные параметры процесса.

Ключевые слова: сточная вода, карбамидоформальдегидная смола, восстановление, хром.

B. I. Melnikov, S. I. Vykhodtsev, S. Z. Gareyev, N. P. Makarchenko

*State higher education institution
«Ukrainian State University of Chemical Engineering»*
INVESTIGATIONS OF THE PURIFICATION PROCESS OF THE CHROME-CONTAINING
SEWAGE WATERS AND WATER SOLUTIONS

The purification process of the chrome-containing sewage waters and water solutions resulting from the reduction of Cr (VI) to Cr (III) by means of carbamide-formaldehyde resin has been studied. The best parameters of the process have been determined.

Key words: sewage water, carbamide-formaldehyde resin, reduction, chrome.

Одною з головних причин забруднення поверхневих вод є скидання неочищених та недостатньо очищених комунально-побутових та промислових стічних вод. Забруднення природних вод здійснюється через систему міської каналізації.

Значний збиток водним екосистемам наносять забруднення вод солями важких металів, наприклад солі хрому.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

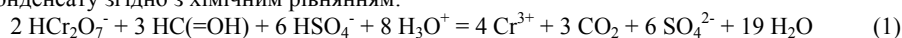
Методи очистки стічних вод, де знаходиться сполучення хрому (VI), базуються на відновленні його до Cr (III) з наступним осадженням у вигляді гідроксиду в лужному середовищі (Выходцев, 1991; Мельников, 2006).

На кафедрі «Технології неорганічних речовин та екології» Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет» проводяться досліді-

© Мельников Б. І., Выходцев С. І., Гареев Ш. З., Макаренко Н. П., 2010

дження з очистки хромвміщуючих стічних вод гальванічних виробництв реагентним методом, а також за допомогою карбамідоформальдегідної смоли (КФС).

Очистку кислих хромвміщуючих стічних вод з концентрацією Cr (VI) 0,05 кг/м³ проводили завдяки процесу відновлення Cr (VI) до Cr (III) водним розчином карбамідоформальдегідного конденсату згідно з хімічним рівнянням:



РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Нами встановлено, що сорбційна здатність утворюваної карбамідоформальдегідної смоли (КФС) по відношенню до іонів Cr (III) дуже залежить від структури утворюваного первинного карбамідоформальдегідного конденсату і розміру часток КФС ($< 1 \cdot 10^{-7}$ м). Для одержання КФС з максимальним вмістом часток вказаного розміру синтезовано 52,6 % водний розчин первинного карбамідоформальдегідного конденсату. Його одержували за допомогою реакції гідроксиметилювання карбаміду водним розчином у лужному середовищі при рН = 8,5, температурі 363 К протягом 3600 с. Мольне співвідношення формальдегід:карбамід складало 2,2:1. Одержаний за цими умовами первинний карбамідоформальдегідний конденсат складається, в основному, з сим-диметилполкарбаміду, частково монометилполкарбаміду і характеризується лінійною структурою, і згідно з рівнянням Ребіндера-Шукіна є дуже стійким у водних розчинах. У табл. 1 подані умови синтезу водного розчину первинного карбамідоформальдегідного конденсату.

Таблиця 1

Умови синтезу водного розчину первинного карбамідоформальдегідного конденсату

№ п/п	Вміст компонентів, кг/м ³		n _D /n _K	Вміст твердої фази в розчині, %	рН	Т, К	τ, с
	Карбамід	формальдегід					
1	0,45	0,81	1,62	56,2	8,5	363	3600
2	0,50	0,81	1,47	58,0	8,5	363	3600
3	1,00	2,44	2,20	52,6	8,5	363	3600
4	1,00	1,63	1,48	58,0	8,5	363	3600
5	0,90	2,44	2,46	51,6	8,5	363	3600

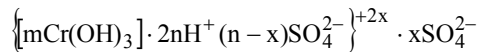
Водний розчин первинного карбамідоформальдегідного передконденсату містить надмірну кількість (5–10 % мас.) вільного формальдегіду, згідно з рівнянням (1) відновлюючи Cr (VI) в Cr (III).

Для визначення впливу рН середовища, часу процесу, співвідношення реагуючих компонентів на швидкість відновлення Cr (VI) до Cr (III) було проведено комплекс експериментальних досліджень.

Встановлено, що залишкова кількість Cr (VI), яка дорівнює ГДК, досягається при відновлення хромвміщуючих стоків 52,6 % водним розчином первинного карбамідоформальдегідного конденсату за такими параметрами: рН = 1–1,5; Т = 298 К; τ = 1200 с; співвідношення Cr (VI) : CH₂O = 1 : 9.

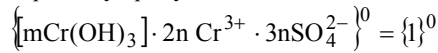
За даних параметрів ступінь відновлення Cr (VI) в Cr (III) складала 99,8 %. З урахуванням посилення вимог до залишкових концентрацій шестивалентного хрому в стічних водах ($C_{\text{зали}} = 0,5 \cdot 10^{-4}$ кг/м³) було збільшено час відновлення до 3600 с. При цьому ступінь відновлення Cr (VI) до Cr (III) буде складати 99,9 %. Обчислена константа швидкості реакції відновлення Cr (VI) до Cr (III) за цих умов дорівнює $8,15 \cdot 10^{-4} \text{ м}^{-1} \text{ с}^{-1}$, а коефіцієнт кореляції дорівнює 0,989. В табл. 2 наведено показники процесу відновлення. Подальшу очистку стічних вод від Cr (III) проводили шляхом спільного осадження з утвореною КФС. Визначено, що утворення КФС проходить за таких умов: рН = 1, Т = 298 К, τ = 3600 с.

Відомо, що при відновленні Cr (VI) до Cr (III) та появі міцел Cr(OH)₃ у кислому середовищі потенціаловизначальними іонами будуть катіони водню.

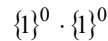


Додавання лугу призводить до зміни міцели гідроксиду хрому при досягненні ізоелектричної точки (pH = 8) з подальшими стадіями агрегації, утворення пластівців та осадження.

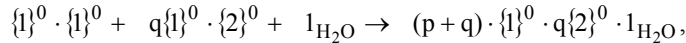
I стадія – зміна міцели гідроксиду хрому:



II стадія – агрегація міцели Cr(OH)₃ між собою:

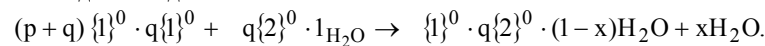


III стадія утворення пластівців:



де $\{2\}^0$ – умовне позначення КФС.

IV стадія – осадження



Таблиця 2

Показники процесу відновлення

№ п/п	С _{зал.} CH ₂ O, х · 10 ⁻² , кг/м ³	С _{поч.} Cr ⁶⁺ , х · 10 ⁻² , кг/м ³	С _{зал.} CH ₂ O/ С _{теор.} CH ₂ O	pH відновлення	Т, К	τ відновлен- ня, с	С _{кін.} Cr (VI), х · 10 ⁻² , кг/м ³	α, %
1	6,48	5,00	3:1	1	298	3600	0,012	99,76
2	4,05	5,00	1,8:1	1	298	3600	0,070	98,60
3	10,40	5,00	9:1	1	298	3600	0,005	99,90
4	10,34	5,00	4,8:1	1	298	3600	0,011	99,78
5	24,40	5,00	11,3:1	1	298	3600	0,005	99,90

Встановлено, що спільне осадження КФС і гідроксиду хрому (III) відбувається при температурі 298 К, кислотності середовища pH = 8 і часі осадження 5400 с. Ступінь витягнення Cr (III) – 99,0 %. Обчислена константа швидкості реакції за цих умов дорівнює $7,54 \cdot 10^{-5} \text{ м}^{-1} \text{ с}^{-1}$, коефіцієнт кореляції 0,986. Одержані експериментальні дані показано в табл. 3.

Таблиця 3

Дані процесу очистки стічних вод від тривалентного хрому

№ п/п	С _{поч.} Cr ³⁺ , х · 10 ⁻² , кг/м ³	Кількість утворе- ного КФС (сухого) х · 10 ⁻² , кг	pH	Час оса- дження, с	Т, К	С _{поч.} Cr ³⁺ / С _{КФС}	С _{кін.} Cr ³⁺ , х · 10 ⁻² , кг/м ³	Кількість витягну- того іонного Cr ³⁺ , х · 10 ⁻⁶ , кг	Ступінь витяг- нення Cr ³⁺ , %
1	5,00	0,67409	8,0	5400	298	1:13	0,063	49,37	98,70
2	5,00	0,75912	8,0	5400	298	1:15	0,061	49,39	98,78
3	5,00	1,70910	8,0	5400	298	1:34	0,050	49,50	99,0
4	5,00	1,38000	8,0	5400	298	1:28	0,054	49,46	98,90
5	5,00	1,55610	8,0	5400	298	1:31	0,052	49,48	98,95

ВИСНОВКИ

Вивчено процес очистки хромівміслючих стічних вод і водних розчинів відновленням Cr (VI) до Cr (III) в процесі утворення карбамідоформальдегідної смоли та її осадження з гідроксидом хрому (III). Визначено оптимальні параметри процесу, які забезпечують ступінь очистки Cr (VI) і Cr (III), відповідно 99,9 і 99,0 % мас.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Мельников Б. И. Исследование процесса очистки сточных вод гальванического производства от хромсодержащих соединений / Б. И. Мельников, А. В. Карчевский, Ш. З. Гареев и др. / Тези доповідей III Української науково-технічної конференції з технології неорганічних речовин. – Д., 2006. – С. 283-284.

Выходцев С. И. Усовершенствование процесса очистки хромсодержащий сточных вод с целью получения порошкообразного осадка, пригодного для использования в композиционных материалах / С. И. Выходцев, Б. И. Мельников / Тезисы докладов Всесоюзной конференции «Обезвреживание и утилизация твердых отходов». – Пенза, 1991. – С. 105-106.

Надійшла до редколегії 12.10.10

РЕЦЕНЗІЇ

Рекультивация нарушенных земель как устойчивое развитие сложных техноэкосистем : Монография / И. Х. Узбек, А. С. Кобец, П. В. Волох, В. И. Дырда, А. А. Демидов / Под ред. И. Х. Узбека. – Д. : Пороги, 2010. – 263 с.

В структурном отношении монография состоит из 5 глав, 31 подглавы, введения, списка литературы.

В аннотации и в введении подчеркивается, что в книге приведены результаты 50-летних исследований эколого-биологической оценки сложных техноэкосистем степного Приднепровья и методы их агроэкологической рекультивации.

После Геродота (450 год до н.э.) до настоящего времени лучшей в мире черноземная почва сохранилась, как правило, в деградированном состоянии. Природная среда – великолепные бескрайние степи, дремучие экстраординарные леса и перелески, приднепровские луга и болота трансформированы наступлением человека. Этому негативному «преобразованию» природы способствовало сосредоточие на территории степного Приднепровья полезных ископаемых. Выдающийся конструктор ракетостроения В. В. Юрко называл наш край «Бермудским треугольником» в лучшем понимании этого слова, так как здесь сосредоточены радиоактивные руды, железная руда, каменные и бурые угли, марганец, цирконий и многие уникальные химические соединения, а также металлургические заводы Запорожья, Днепропетровска, Днепродзержинска.

Изменения природной среды призвало к жизни новую, самую молодую науку – рекультивацию нарушенных земель. Объективные научные исследования, создание теории сельскохозяйственной рекультивации техногенно нарушенных земель являются надежными методами реанимации, восстановления, создания высокопродуктивных почв, культивированных фитоценозов.

Первая глава книги посвящена общей теории и методам сельскохозяйственной рекультивации, разработанной учеными Днепропетровского государственного аграрного университета.

Объектами исследований были Курская магнитная аномалия, Никопольский марганцеворудный бассейн, Камыш-Бурунский и Криворожский железорудные бассейны, Малышевское месторождение полиметаллических руд, Александрийское месторождение бурого угля и нарушенные ландшафты угольной промышленности, в том числе шахтные породы Западного Донбасса.

Авторы полувековую работу по рекультивации земель разделяют на три этапа: стихийный, классический и коэволюционный.

В 1970 году была создана проблемная лаборатория по рекультивации земель Днепропетровского государственного аграрного университета (1970–2000 гг.), которая творчески работала над созданием 250 вариантов и их производных комбинаций схем, теорий, которые дают в виде моделей примеры использования и преобразования нарушенных земель.

Предложены законы устойчивого развития техноэкосистем на примере весьма сложного процесса самоорганизации техноэкосистем и агроэкосистем:

- закон преломленных космических воздействий;
- экологическая роль солнечной радиации, законы гелиобиологии;
- закон автотрофности зеленых растений;
- закон фотохимической эквивалентности (фотоэлектрический эффект);
- скорость и механизм химических реакций в антропогенных техноэкосистемах;
- термодинамическое правило Вант-Гоффа-Аррениуса;
- каталитические процессы в техноэкосистемах;
- закон биогенной миграции атомов В. И. Вернадского;
- закон внутреннего динамического равновесия Н. Ф. Реймерса;

- закон максимальной энергии (Г. и Э. Одум) и информации;
- закон минимума Ю. Либиха;
- закономерности эволюции биосферы (по Н.Ф. Реймерсу) и современный процесс почвообразования на литоземах как устойчивое развитие агросистем в техногенных ландшафтах;
- азотфиксирующий эффект прокариотов на рекультивированных литоземах;
- биологический круговорот углерода в агроэкосистемах на рекультивированных землях;
- биогеохимия и энергетика современного почвообразования на рекультивированных литоземах.

На основании анализа современного развития гипергенных процессов в антропогенных экосистемах авторы приходят к неопровержимому выводу, что взаимодействие абиотических и биотических факторов обуславливает весьма интенсивный естественный и особенно культурный почвообразовательный процесс.

Вторая глава освещает проблему микробоценоза как составной части сложных биогеоценологических систем.

Здесь, с повышенным старанием и пристальной тщательностью, показаны теоретические и методологические аспекты исследований форм динамики и биологической активности сложных биогеоценологических систем и их ризосферный эффект.

Значительное внимание уделено циклической и сукцессионной динамике численности микроорганизмов, в том числе целлюлозоразрушающих, олигонитрофилов, сапрофитов в сложных микробиологических системах. Рассматриваются эндогенетические сукцессии и движущие силы этих процессов.

В основу принципов эколого-биологической оценки эдафотопов техногенных ландшафтов положены всесторонние, комплексные подходы с учетом противоречивого единства организма и среды обитания.

Глава 3 раскрывает характер транслокационных процессов растений в условиях сложных биогеоценологических систем техногенных ландшафтов. Авторы раскрывают эколого-биологическую сущность развития корневых систем в условиях техногенеза, а также транслокационные эффекты некоторых культурных растений. Весь многогранный материал подкреплен модельными экспериментами и практическим подтверждением научно обоснованных методов рекультивации. Предлагается новый оригинальный модифицированный способ отбора почвенных монолитов для познания не только строения корневых систем, но, главным образом их функциональной роли в процессах почвообразования. Исходя из экспериментальных и полевых опытов авторы предлагают математическую модель для расчета эколого-биологических характеристик корневых систем растений, их биоэкологические показатели. В итоге, эколого-биологические характеристики корневых систем составили ядро тестового подхода к оценке рентабельности той или иной схемы, подобранной для успешного процесса рекультивации, для использования наиболее ценных для сельского хозяйства культур с максимальным эффектом их жизненности и устойчивости. Этот бесценный материал подкреплен фактическими и поучительными данными, изложенными в 30 фундаментальных таблицах и рисунках.

Глава 4 посвящена ферментативной активности сложных биогеоценологических систем в качестве экологического фактора.

Известно, что «ферменты являются биологическими катализаторами, присутствующими во всех живых клетках. Каждый вид фермента катализирует превращение определенных веществ (субстратов), иногда лишь единственного вещества в единственном направлении», так раскрывается сущность влияния ферментов на жизнедеятельность растительных и животных организмов. Этому весьма важному и сложному разделу исследователи уделяли надлежащее внимание. В работе изложены материалы об активности гидролитических ферментов и степени обогащенности ими третичных и четвертичных грунтов, связи численности микроорганизмов с активностью гидролитических ферментов, циклической динамике активности инвертазы в эксперименте и в контрольных вариантах и, наконец, классификация эдафотопов по активности фосфатазы и инвертазы. Составлен блок – схематический ряд биогенности эдафотопов в зависимости от активности гидролитических ферментов, выявлена активность окислительно-восстановительных ферментов, предложен генетический ряд эдафотопов по активности окислительно-восстановительных ферментов.

Глава 5 раскрывает рекомендации авторов для оптимизации сложных биогеоценологических систем, их трансформации и рационального использования.

Предложена блок – схема взаимовлияния и взаимодействия экологических факторов в сложной биогеоценологической системе. Построен абиотический блок и биотический блок с учетом времени и пространства, а также подробно анализируются отдельные составляющие факторы в их взаимодействии и взаимообусловленности.

Наконец, должное внимание уделяется конструктивным функциональным процессам в структурной организации культурбиогеоценозов, создаваемых в условиях техногенеза. На

этой основе раскрываются процессы средообразования в сложных биогеоценотических процессах в условиях техногенных ландшафтов, их продуктивность.

Авторы предлагают испытанную временем и глубокими исследованиями стратегию повышения уровня устойчивого прогрессивного развития сложных агроэкологических, биогеоценотических систем в условиях техногенных нагрузок вызванных развитием промышленности в исследуемых регионах Украины, а также, разработанную авторами методику оценки экономических эффектов. В этой работе отражена многогранная и крайне необходимая деятельность творческого коллектива Днепропетровского государственного аграрного университета.

Подводя итоги анализа фундаментального труда авторов монографии, итогов 50-летней неутомимой работы в деле рекультивации земель в Украине, следует еще и еще раз подчеркнуть ценность монографии для экологов, рекультиваторщиков, для аспирантов и студентов университетов и педагогических вузов, учителей школ, гимназий и колледжей, для производителей, которые не только разрушают природу, но и стремятся помочь ей. Она крайне необходима для возрождения, восстановления, для сохранения в памяти народной наших степных пространств, черноземных почв, лесов, лугов, озер, рек и водоемов с чистой ключевой водой. Работа несет в себе не только научный потенциал, но и нравственный, для воспитания нашего народа и, в первую очередь молодежи, бережному отношению к сокровищам, которыми нас с такой любовью одарила природа.

А. П. Травлев,
член-корреспондент НАН Украины,
доктор биологических наук, профессор
кафедры геоботаники, почвоведения и экологии
Днепропетровского национального университета им. Олеса Гончара

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

ДО УВАГИ АВТОРІВ !

При оформленні статті до надсилання в редакцію просимо дотримуватися таких правил:

1. Надіслати на адресу редакційної колегії два екземпляри статті і дискету з текстом, таблицями та ілюстраціями.

Обсяг статті – не більше 10 сторінок машинопису (одна сторінка у форматі журналу містить до 4500 знаків, включаючи пропуски).

Обсяг ілюстрацій і таблиць не повинен перевищувати 30 % обсягу статті.

2. Усі текстові матеріали роздрукувати через 1,5 інтервала, залишаючи з кожного краю сторінки відступи 2 см, шрифт – Times New Roman 12 пунктів, абзацний відступ – 0,8 см. При наборі статті необхідно розрізняти дефіс і тире, а також застосовувати поліграфічні «ялинки». Між ініціалами та прізвищем обов'язково залишати пропуск. Текстові матеріали підготувати в редакторі MS Word 97, 2000, XP як текст у форматі RTF (*.rtf) або документ Word (*.doc). Математичні формули і рівняння готуйте в редакторі рівнянь Microsoft Equation 3.0, а хімічні – у редакторі ISIS Draw v. 2.4.

3. Використовуйте одиниці Міжнародної системи вимірювань.

4. **Назва статті** повинна коротко інформувати про її зміст і містити не більше 13 слів. Більш довгі назви скорочуються у процесі редагування. Назву статті подати трьома мовами – українською, російською та англійською.

5. **Наявність УДК** обов'язкова.

6. **Анотацію** подати трьома мовами – українською, російською, англійською. Вона повинна коротко описувати результати і головні висновки проведених досліджень.

7. **Ключові слова** можна брати з назви статті. Подати українською, російською та англійською мовами.

8. **Адресу і назву організації**, у якій виконувалися дослідження, подати українською, російською та англійською мовами, а також указати *e-mail*, телефон для оперативного зв'язку з автором.

Указати повне ім'я та по батькові кожного автора публікації українською, російською, англійською мовами.

9. Стаття повинна містити такі розділи: Вступ; Матеріали та методи досліджень; Результати та їх обговорення; Висновки; Список використаної літератури.

10. **Посилання** на літературні джерела слід подавати в напівкруглих дужках із зазначенням прізвища цитованого автора (або назви джерела, якщо авторів більш ніж три) та року видання.

11. **Подяки** подаються наприкінці статті перед списком використаної літератури.

12. **Список використаної літератури**. Слід ретельно звірити відповідність літературних джерел у тексті та у списку. Перевірте правильність усіх назв періодичних видань.

Слід наводити прізвище редактора та місце і дату проведення при цитуванні матеріалів симпозіумів і конференцій, прізвище відповідального редактора – при цитуванні видання колективу авторів.

13. **Таблиці** повинні бути пронумеровані відповідно до змісту статті. Дати назву до кожної таблиці. Статистична та інша деталізація наводяться під таблицею. Табличні матеріали підготувати у табличному редакторі Word 2000, XP.

14. **Рисунки** нумерують у порядку їх обговорення в тексті. Унизу рисунка указати його назву. Рисунки до статті повинні мати копію на дискеті. Діаграми та графіки слід виконувати у пакетах Excel, Statistica, схеми – у пакеті Visio 2000 та зберігати у форматах цих програм окремими файлами (наприклад, petrov_ris1). Найкращими для сканованих зображень є формати файлів TIFF, JPEG, EMF. Усі елементи тексту у зображеннях (графіках, діаграмах, схемах), якщо це можливо, повинні мати гарнітуру Times New Roman або Times New Roman Cyr (в окремих випадках Courier). Кожне зображення зберігайте в окремому об'єкті. Зображення після сканування при роздрукуванні повинні бути чітким, не гіршим за чіткість основного тексту.

15. При поверненні статті на доопрацювання автор зобов'язаний урахувати всі зауваження редактора і надіслати виправлені та передруковані матеріали на адресу редакційної колегії в указаний термін. Статті, повернуті після доопрацювання пізніше ніж через 3 місяці, розглядаються як нові надходження.

Подані матеріали не повертаються. Редакція зберігає за собою право виправляти та скорочувати текст, а також повертати рукопис на доопрацювання у разі недотримання наведених вище правил.

Відповідальність за зміст поданих матеріалів несуть автори.

TO AUTHORS' ATTENTION

The colleague of editors invite scientists, specialists who study all the spectrum of ecological problems that have to do with soils science for the cooperation.

The journal «Soil science» takes articles in the Ukrainian, the Russian and the English languages.

An article mustn't exceed 10 pages, including tables and pictures. Illustrations and tables together mustn't exceed 30 % of the whole volume of the article.

Selection of materials and a previous review: materials for publication should be sent to the address of the colleague of editors (it is given on the second page of each edition). Two copies of materials, a diskette with a text, materials of tables and illustrations should be sent. In addition on the diskette tables and illustrations should be located in separate files. Also a copy of the article should be sent to the e-mail: bnaitap@a-teleport.com

Working at the revision an author should take into account all the notes, retype and send all the materials to the address of the colleague of editors up to the date, noted by an editor. Articles that come after the revision later than in 3 months will be considered as new ones.

Preparation of materials: all the materials (text, references, signatures to pictures etc.) are given in 1,5 intervals. From each edge of the page 2 cm. should be left, shrift – Times New Roman 12 points.

Notes: notes in the text are not permitted.

Units: use units of measuring of International System SI.

Name of the article: name of the article should be given in three languages – Ukrainian, Russian and English. It should inform about the contest of the article briefly – maximum 13 words. Larger names will be shortened while editing.

Address and name of organization: indicate the address and the name of the organization where research was conducted (in Ukrainian, Russian and English), e-mail, fax and other information that can make the communication with the author easier.

Summary and key words: should be given in three languages – Ukrainian, Russian and English. Summary should briefly describe conducted researches, including aims, methods, results and main conclusions.

References of used literature: Check every reference in the text of the article with the list of used literature. All the names of periodicals should be checked thoroughly. The list of literature should be given without a numeration. Only the author's surname and the year of edition should be mentioned in the reference of used literature in the text of the article.

Tables: every table is prepared on a separate sheet of paper. Tables should be numerated according to their mentioning in the text. Give a brief name at the top of each table. Statistical and other detailed information is given as a note below. Don't double the contest of tables with illustrations. Among all the other equal characteristics illustrations (graphics) are preferable. Don't mention the information that wasn't discussed in the text of the article.

Illustrations: every copy of the article should contain one copy of illustrations. Number illustrations according to their order in the text. Symbols and marks should be readable. Don't use big points of shrifts and styles of decorating that give very thin elements of letters. Point at the top of the back of the illustration its number and the name of the article.

Formats of files on the diskette: texts should be prepared in the text editor MS Word 2000. Don't hyphen words. Formulas and equations should be prepared in inbuilt editors of equations and should be saved as separate files (Windows metafile, *.wmf).

Illustrations should have two copies on the diskette. Formats of files Tiff- 4.0 or 5.0 (*.tif). Paint (*.bmp), Photoshop (*.psd) are most suitable. The final form of illustrations should be minimum 250-300 points per inch. Using of specific programs (statistical packets, programs of visualization etc.) for saving graphics are not permitted.

Sent materials are not returned back.

Authors take the responsibility for the contest of the materials.