
RESEARCH OF ENVIRONMENTAL CONTAMINATION



S. S. Melnychuk 

G. G. Trokhymenko

Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.

UDK 632.122.1

*Adm. Makarov National University of Shipbuilding,
Heroes of Stalingrad ave, 9, Mykolaiv, Ukraine, 54058*

PECULIARITIES OF MIGRATION AND ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN THE SYSTEM «GROUND-PLANT» BY THE EXAMPLE OF THE NATIONAL NATURAL PARK «BELOBEREZHYYE SVYATOSLAVA»

Abstract. Heavy metals like ekopolyudanty have a high capacity for bioaccumulation, toxicity and significant mobility in the environment. Since the bulk of the land is plants, it is important to identify the processes of migration and accumulation of heavy metals in them. But keep in mind that the level of heavy metal accumulation in plants of different taxonomic groups are not the same. Cumulative capacity of plants depends on many factors: the type of soil, humidity, altitude, meteorological characteristics of the region and landscape, and more. It should be noted that the migration of heavy metals from soil to plants depends on the concentration of mobile forms in soil. Once the soil heavy metals are constantly migrating, moving to some form of chemical compounds. Although soils are characterized by resistance to chemical contamination due to its ability to accumulate and neutralize ecotoxins. But it is significant accumulation in soil heavy metals leads to lower pH of the soil and destroys the soil-absorbing complex. The object of study in this paper selected park «Biloberezhzhyia Svyatoslav» which Presidential Decree Ukraine in 2009 was granted the status of National Park «Biloberezhzhyia Svyatoslav», so the park is virtually unexplored. The aim is to study the phenomenon of bioaccumulation of heavy metals in soil and plants cover various ecotopes and their influence on the processes of human transformation in these florocomplexes. For the past 10 years the National Park is undergoing significant anthropogenic pressure on transport, recreation, hotels and aggressive recreational activities. So one of the important aspects of solving the problem is to provide control and accounting of vehicles, which enters the territory of spit and emission monitoring (especially heavy metals) which makes transport and monitoring of soil and vegetation that will characterize the current state of ecosystems National Park «Biloberezhzhyia Svyatoslav» and anticipate negative processes that occur in ecosystems of different levels. To study the vegetation of the National Park «Biloberezhzhyia Svyatoslav» that is able to accumulate heavy metals in significant quantities were selected samples of the dominant plant species in various microflorocomplexes. For more detailed specifications the transformation of these substances in the soil and their translocation in plants and soil samples were taken at a depth of 20 cm. In the study the accumulation of heavy metals in soils contributes primarily low acidity (neutral and slightly alkaline pH) soil horizons in gleying cuts low values of redox potential and high content of amorphous hydroxides Fe. The remaining soil parameters – a low content of organic matter, light texture, low cation exchange capacity value (ECO) soil absorbing complex, a high redox potential – are unfavorable factors for the accumulation of heavy metals in soils. Analysis of mobile

 Tel.: +38098-493-42-57. E-mail: antr@ukr.net

DOI: 10.15421/031715

ISSN 1726-1112. Ecology and noospherology. 2017. Vol. 28, no. 3–4

45

forms of heavy metals in the soil studied florocomplexes showed that the majority of indicators does not exceed the MCL. This minimum figure for cadmium Li, Aln, Qbp, apparently caused by acidity (pH) of the soil. Overall indicators of cadmium in florocomplexes studied ranged from 0 to 0.7 mg / kg. The maximum amount of cadmium in Mar (0,6 mg / kg), Rap (0,7 mg / kg) and only they exceed the MCL level that caused considerable indirect influence, since these florocomplexes heavy metals fall on the Dnieper River from cities and businesses located upstream. Indicators of copper in florocomplexes fluctuate within 0.5–4.0 mg / kg, thus exceeding the MCL only Mar (3,2 mg / kg), Rap (4,0 mg / kg), which reduces the enzymatic activity of soil. Similar figures have nickel 0.5–5.0 mg / kg, exceeding the MCL in Mar and Rap. Number of lead in the top layer of soil depends not only on the human impact, but also from iron oxides, which can form complexes with Lead. As he studied florokompleksah ranges from 0.8–3.8 mg / kg, and not exceeding the MCL. The maximum of the number of zinc – 2.5–7.1 mg / kg, which is caused by the structure of the parent rock, characterized by a large number of iron oxides and pH in which it is possible absorption of lead hydroxide. However, no figure does not exceed the MCL. So low rates of bioaccumulation factors indicate a low level of accumulation of heavy metals in soils of ecotheitons of National Park «Biloberezhzhyha Svyatoslav», i.e. minor processes of human impacts on natural ecosystems. Sandy soils are characterized by low absorptive capacity, and a weak hold heavy metals except molybdenum and selenium. Because plants easily adsorb them, some of them even in very small concentrations have a toxic effect. So exceeded MPC Dominant Mar, Rap – *Zoocera marina* L. and *Ruppia cirrhoza* (Petagma) Grande. indicate intense indirect human impact on water florocomplexes that are part of the National Park «Biloberezhzhyha Svyatoslav» because these florocomplexes heavy metals fall on the Dnieper River from cities and businesses that are located upstream. The lowest coefficients of accumulation in the soil and in plants characteristic of Hy and Lst, which is caused by geographical barriers that protect them from human activity. For values of absorption coefficients biotic can conclude not only the role of individual species of plants and vegetation in the whole cycle of elements in the ecosystem, but also the ecosystem's ability to cleanse itself. In florocomplexes of National Park «Biloberezhzhyha Svyatoslav» is obviously particularly important role in the self-cleaning from heavy metals play the genera *Phragmites* Trin. ex Steud. and *Zoocera* L., both because of the high intensity of the absorption element (*Zoocera* L.), and because of the high biomass of these species in communities (*Phragmites* Trin. ex Steud.). Among the analyzed dominant species, growing on uncontaminated and contaminated areas revealed two species hiperakumulatory heavy metals – *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud and *Zoocera marina* L. addition to those of the common species that accumulate significant biomass and have relatively high rates of accumulation of Cd, Zn, Pb, – a species: *Grindelia squarrosa* L., *Salicornia prostrata* Pall., *Poa angustifolia* L., which can be recommended as objects of future field experiments.

Keywords: heavy metals, microflorocomplexes, dominant species, the rate of biological absorption coefficient of biological concentration hiperakumulatory species.

УДК 632.122.1

С. С. Мельничук

Г. Г. Трохименко

канд. биол. наук, доц.

*Національний університет кораблебудування імені адм. Макарова,
пр. Героев Сталинграда, 9, г. Николаев, Україна, 54058,
тел.: +38098-493-42-57, e-mail: antr@ukr.net*

ОСОБЕННОСТИ МИГРАЦИИ И АККУМУЛЯЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА – РАСТЕНИЕ» НА ПРИМЕРЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА «БЕЛОБЕРЕЖЬЕ СВЯТОСЛАВА»

Аннотация. Впервые проведен анализ миграции и аккумуляции тяжелых металлов в системе «почва – растение» на территории Национального природного парка «Белобережье Святослава». Установлено, что загрязнение от агрессивной рекреации негативно сказывается на экосистемах заповедного объекта: в почве и растительном покрове накапливаются тяжелые металлы. Физико-химические свойства не способствуют накоплению тяжелых металлов в почвенном профиле; одновременно при таких условиях значительна их доступность для растений. Среди проанализированных видов-доминантов, что росли на незагрязненных и загрязненных территориях, выявлено два вида-гипераккумулятора тяжелых металлов – *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud и *Zoocera marina* L. Кроме того, на этих территориях распространенные виды накапливают значительную биомассу и имеют сравнительно высокие

темпы аккумуляции Cd, Zn, Pb – это виды: *Grindelia squarrosa* L., *Salicornia prostrata* Pall., *Poa angustifolia* L., которые можно рекомендовать в качестве объектов мониторинга предстоящих полевых экспериментов.

Ключевые слова: тяжелые металлы, микрофлорокомплексы, виды-доминанты, коэффициент биологического поглощения, коэффициент биологической концентрации, виды-гиперакумуляторы.

УДК 632.122.1

С. С. Мельничук

Г. Г. Трохименко

канд. біол. наук, доц.

Національний університет кораблебудування імені адм. Макарова,
пр. Героїв Сталінграду, 9, м. Миколаїв, Україна, 54058,
тел.: +38098-493-42-57, e-mail: antr@ukr.net

ОСОБЛИВОСТІ МІГРАЦІЇ ТА АКУМУЛЯЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У СИСТЕМІ «ГРУНТ – РОСЛИНА» НА ПРИКЛАДІ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «БІЛОБЕРЕЖЖЯ СВЯТОСЛАВА»

Анотація. Уперше проведено аналіз міграції та акумуляції важких металів у системі «грунт – рослина» на території Національного природного парку «Білобережжя Святослава». З'ясовано, що забруднення від агресивної рекреації негативно позначається на екосистемах заповідного об'єкта: у ґрунтах та рослинному покриві накопичуються важкі метали. Фізико-хімічні властивості не сприяють накопиченню важких металів у ґрунтовому профілі; водночас за таких умов значною є їхня доступність для рослин. Серед проаналізованих видів-домінантів, що росли на незабруднених і забруднених територіях, виявлено два види-гіперакумулятори важких металів – *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud та *Zoocera marina* L. Крім того, на цих територіях поширені види, що нагромаджують значну біомасу і мають порівняно високі темпи акумуляції Cd, Zn, Pb – це види: *Grindelia squarrosa* L., *Salicornia prostrata* Pall., *Poa angustifolia* L., які можна рекомендувати як об'єкти моніторингу майбутніх польових експериментів.

Ключові слова: важкі метали, мікрофлорокомплекси, види-домінанти, коефіцієнт біологічного поглинання, коефіцієнт біологічної концентрації, види-гіперакумулятори.

ВСТУП

Важкі метали як екополюданти мають високу здатність до біоаккумуляції, токсичність і значну рухливість в об'єктах довкілля. Оскільки основну масу суходолу складають рослини, важливим є виявлення процесів міграції та акумуляції важких металів у них. Але слід урахувати те, що рівень накопичення важких металів у рослинах різних систематичних груп не однаковий.

Акумулятивна здатність рослин залежить від багатьох факторів: типу ґрунтового покриву, вологості, висоти місцевості, метеорологічних особливостей регіону, ландшафту та ін. При цьому слід відзначити, що процес міграції важких металів з ґрунту в рослини залежить і від концентрації їх рухомих форм у ґрунті. Потрапляючи в ґрунт, важкі метали постійно мігрують, переходячи в ту чи іншу форму хімічної сполуки.

Хоча ґрунти й характеризуються стійкістю до хімічного забруднення завдяки здатності накопичувати та нейтралізувати екотоксиканти, але при цьому значне накопичення в ґрунті важких металів веде до зниження рН самого ґрунту та руйнує ґрунтово-поглинальний комплекс.

Механізм надходження важких металів у рослини, як і будь-яких інших хімічних елементів, пояснює науково обґрунтована система бар'єрно-безбар'єрного накопичення. Її суть полягає в тому, що рослини поглинають хімічні елементи вибірково відповідно до своїх біологічних особливостей. При цьому різні органи рослин можуть характеризуватись різними типами бар'єрно-безбар'єрного

накопичення хімічних елементів. До безбар'єрних належить невелика кількість лишайників та мохоподібних, а також окремі анатомічні частини більшості бар'єрних – корені трав'янистих рослин, кущів, дерев. Накопичення важких металів у рослинах залежить від багатьох чинників і тому потребує вивчення в кожному окремому випадку.

Об'єктом дослідження в даній роботі вибрано парк «Білобережжя Святослава», якому Указом Президента України у 2009 році було надано статусу національного природного парку, і тому парк є практично не досліджений.

Метою роботи є вивчення явища біоаккумуляції важких металів у ґрунтовому покриві та рослинах різних екофітонів та їх вплив на процеси антропогенної трансформації в даних флорокомплексах. Адже останні 10 років територія Національного природного парку зазнає значного антропогенного навантаження від автотранспорту, баз відпочинку, готелів та агресивної рекреаційної діяльності. Так, квадроцикли та автомобілі підвищеної прохідності як баз відпочинку, так і відпочиваючих, місцевих жителів, які надають різні рекреаційні послуги – прогулянки, індивідуальні та групові екскурсії по заповідній Кінбурнській косі, розлякують тварин, пошкоджують ґрунтовий та рослинний покрив, що є грубим порушенням вимог законодавства України «Про природно-заповідний фонд України», «Про рослинний світ» тощо. Рух автотранспорту по пляжній зоні та літоральному валу на території парку суворо заборонений, адже це призводить до забруднення прибережної території, руйнування рідкісного рослинного покриву та піщаного валу, який захищає степову рослинність від затоплення морськими водами.

Крім того, сміття від ведення агресивної рекреаційної діяльності залишається на території заповідника. За інформацією, яку надала дирекція НПП в серпні 2012 року, було зібрано 42 мішки сміття. Однак 26–28 вересня було зафіксовано 17 прихованих локальних стихійних сміттєзвалищ діаметром від 20 до 45 метрів. Що стосується узбережжя, то тільки в районі хутора Римби (Покровська сільрада) вдалося знайти поодинокі ділянки дикого узбережжя, вільні від засмічення твердими та побутовими відходами. Указана територія вкрита порожніми пляшками, поліетиленовими пакетами та іншими твердими побутовими відходами. Місцеве населення (цього року зафіксовано до 1 тис. осіб, які залишаються зимувати на півострові) «утилізує» сміття у два способи: шляхом спалення та закопування мішків у прибережній лісосмузі.

Зростаюча забудова на Кінбурні (бази відпочинку, МАФи, будинки, готелі), безконтрольне втручання туристів, місцевого населення та браконьєрів в унікальну екосистему півострову з кожним роком завдає все більшої шкоди.

Тому одним із важливих аспектів у вирішенні проблеми є забезпечення контролю та обліку автотранспорту, що заїжджає на територію коси, та моніторинг викидів (особливо важких металів), які здійснює автотранспорт, а також моніторинг ґрунтового та рослинного покриву, що дозволить характеризувати сучасний стан екосистем Національного природного парку «Білобережжя Святослава» та прогнозувати негативні процеси, які відбуваються в екосистемах різного рівня.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для дослідження рослинного покриву Національного природного парку «Білобережжя Святослава», що здатний накопичувати важкі метали у значних кількостях, були відібрані проби домінуючих видів рослин у різних мікрофлорокомплексах. Формували об'єднані проби для кожного виду рослин, у яких визначали вміст важких металів у фітомасі трав'янистих рослин у зольних розчинах на атомно-адсорбційному спектрофотометрі. Золу готували шляхом попереднього висушування рослин до постійної маси, а потім спалювали в муфельній печі при температурі 450 °С, точно дотримуючись технології спалювання з метою попередження втрат елементів. Одержану золу після зважування розчиняли розведеною HNO_3 (Sobotovych, Bondarenko et al., 2002; Ylyn, 1991; Zyryna, Malachova et al.,

1981). Уміст металів визначали атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі С115М1. Визначення повторювали тричі. Відносна похибка за $P = 95 \%$ не перевищувала 7% .

Для більш детальної характеристики процесів трансформації досліджуваних речовин у ґрунті та їх транслокації в рослинах відбирали також зразки ґрунту на глибині 20 см. Ґрунтові зразки готували до аналізу на валовий вміст ВМ послідовною обробкою попередньо прожареної при 450°C проби ґрунту спочатку HF, а потім сумішшю HCl та HNO_3 у співвідношенні 3:1 (Geletyuk, Zolotareva, 1978).

Для оцінки забрудненості ґрунтів використовували коефіцієнт концентрації (K_c):

$$K_c = C/C_f,$$

де C – фактичний зміст забруднення; C_f – фоновий вміст.

Крім того, для кількісної оцінки надходження важких металів у системі «ґрунт – рослина» використовували коефіцієнт переходу, або біологічного поглинання ($K_{\text{бп}}$), адже цей коефіцієнт дозволяє визначити стан забруднення природного середовища, а не лише рухомі форми речовин, що забруднюють середовище. Коефіцієнт біологічного поглинання розраховували за формулою

$$K_{\text{бп}} = C_n/C_p,$$

де C_p – концентрація забруднюючої речовини у фітомасі рослини, мг/кг; C_n – концентрація забруднюючої речовини в ґрунті, мг/кг. Крім того, $K_{\text{бп}}$ відображає здатність ґрунтів до самоочищення (Gotvyanska, Demura, 2014; Denchylya-Sakal et al., 2012).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У природному псамофітному екофітоні (Nps), який займає великі площі, що зустрічаються на всій території парку і включають як рівнинні ділянки, так і кучугури та зниження, це території, що не зазнають антропогенного впливу, оскільки на їх території відсутня «транспортна» система та інша діяльність людини, домінантом виступає *Agropyron lavrenkoanum* Prokudin.

Антропогенно порушений псамофітон (Rps) – ділянки деградуєчих природних пісків, які займають невеликі площі доріг та території навколо них, території згарищ, навколо присадибні ділянки. Сьогодні ці ділянки знаходяться під значним антропогенним навантаженням і відзначаються значною трансформацією флори. Тут домінує *Grindelia squarrosa* L.

Галофітний флорокомплекс – сукупність видів рослин, які флорогенезисно зближені та адаптивно пов'язані між собою екологічними факторами і спільністю історичного розвитку на засоленних субстратах – поділяється на природний (Hpr) – ділянки навколо озер, в основному на крайньому півдні Кінбурнського півострова, та антропогенно порушений (Rha) – галофітні ділянки, які розташовані вздовж доріг та біля будівель, у центральній частині та на півдні Кінбурнського півострова. В обох екофітонах домінує *Salicornia prostrata* Pall.

Літоралофітон (Li) – складна природна єдність взаємопов'язаних і взаємодіючих мікрофлорокомплексів, що розташовані вздовж морського узбережжя і знаходяться під впливом солоної морської води, вітру та прибою. Цей флорокомплекс затримує пісок, який вітер несе з пляжів, та формує літоральний вал – природний буфер між морем і сушею, де домінує *Elymus sabulosus* M.Bieb.

Гігрофітон (Hug) – складна природна єдність взаємопов'язаних і взаємодіючих мікрофлорокомплексів, облігатно пов'язаних з умовами надмірного зволоження і тимчасового затоплення видів. На території Національного природного парку «Білобережжя Святослава» гігрофітон представлений у зниженнях – подах, де підземні води підходять близько до поверхні і де відбувається збір води при опадах, та навколо прісноводних озер, де домінує *Carex acuta* L.

Сукупність видів рослин та їх популяцій, облігатно пов'язаних із фітоценооекологічними нішами лісових угруповань, розглядається як дрімофітон. Він характеризується різними рівнями зволоження, що викликано рельєфом та рівнем

залягання ґрунтових вод, а також домінуванням різних деревних видів. Тому залежно від ступеня зволоження та виду-домінанта у складі дрімофітону виділяються: Alnetophyton (Aln) – екофітон, який характеризується розташуванням у зниженнях – подах чи так званих сагах, де корені деревних порід, серед яких домінує *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., серед трав'яного ярусу домінує *Carex acuta* L., постійно обводнені, що викликано поверхневим розташуванням підземних вод та збором опадів у зниженнях. За характером фітоценотичних умов це лісові болота, на дні яких утворюється мул у результаті розкладу органіки. Отже, це єдиний флорокомплекс, який характеризується значною кількістю мінералів у ґрунті; Querceto-Betuletophyton (Qbr) – флористичні комплекси, які займають зниження — улоговини з супіщаними ґрунтами серед піщаних кучугур або в зниженнях серед псамофітних степів. Вони характеризуються неглибоким рівнем (до 1 м) залягання ґрунтових вод, що призводить до гарного зволоження ґрунту, але при цьому корені не обводнюються, лише при сильних опадах корені обводнюються тимчасово. У даному екофітоні домінантами або содомінантами серед деревного ярусу виступають *Betula borysthena* Klokov, *Quercus robur* L., у трав'яному ярусі – *Elytrigia repens* (L.) Nevski; Pinetophyton (Pin) – флористичні комплекси сухих місцезростань, де рівень ґрунтових вод нижче 1 м, що призводить до поганого зволоження кореневмісного шару ґрунту. У деревному ярусі домінантними видами виступають *Pinus sylvestris* L. та *P. pallasiana* D. Don., у трав'яному ярусі – *Poa angustifolia* L. Соснові ліси є штучними насадженнями, масові посадки соснових лісів були зроблені після другої світової війни і продовжуються донині. За ці десятиліття сформувались лісові соснові ценози, які розташовані в рівнинній центральній частині Кінбурнського півострову і займають чималі площі. Значна частина соснових лісів має поганий стан – великі площі усихань, що викликано різними причинами, як природними, так і антропогенними.

Сукупність видів, що облігатно пов'язані з водними місцезростаннями, які характеризуються постійним затопленням, розглядається як гідрофітон. На території Національного природного парку «Білобережжя Святослава» він приурочений до акваторій Дніпровського лиману, Ягорлицької затоки, Чорного моря та прісних і солоних озер, яких тут велика кількість. Відповідно гідрофітон поділяється на такі екофітони: Maritimaphyton (Mar) – екофітон солоних морських екотопів, які на дослідженій території включають берегову мілководну частину Чорного моря до Ягорлицької затоки, де домінує *Zostera marina* L.; Runcatioamniculiphyton (Rap) – екофітон екотопів прісних антропогенно порушених водойм. До цього екофітону відносимо частину Дніпровського лиману, яка входить до складу Національного парку, та берегову рослинність, яка постійно підтоплюється. Тут домінує *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.; Lacustrephyton (Lst) – екофітон озерних та навколоозерних постійно затоплених екотопів, що у великій кількості зустрічаються на території парку. Серед рослинного покриву в ньому домінує *Ruppia cirrhoza* (Petagna) Grande.

Саме домінантні рослини флорокомплексів і було обрано для аналізу, адже вони відіграють середовищеутворюючу роль і є найважливішими серед едіфікаторів. Це дає можливість розглядати їх як акумулятори важких металів і застосовувати для тестування забруднення місцевості. Тобто за їх допомогою можна проводити моніторинг антропогенного впливу на природні флорокомплекси та прогнозувати їх подальше функціонування.

На території дослідження переважають алювіальні ґрунти, які є типовими для заплавлених терас Дніпра. Характерна їхня особливість – слабкий розвиток горизонтів і виражена шаруватість. Ґрунтові води залягають порівняно неглибоко, через легкий механічний склад алювію оглеєння ґрунтового профілю не спричинюють. На знижених елементах мезорельєфу на шаруватих і неясно шаруватих алювіальних відкладах, в основному суглинистого і глинистого механічного складу, поширені

алювіальні лучні ґрунти. Завдяки важкому механічному складу та неглибокому залягання ґрунтових вод для цього типу ґрунту характерне оглеєння нижньої частини профілю (Glazovskaya, 1997).

На території дослідження накопиченню важких металів у ґрунтах сприяє перш за все низька кислотність (нейтральне та слабколужне значення pH), в оглеєних горизонтах ґрунтових розрізів низькі значення окисно-відновного потенціалу та високий уміст аморфних гідроксидів Fe. Решта ґрунтових параметрів – низький уміст органічної речовини, легкий механічний склад, невисокі значення ємності катіонного обміну (ЄКО) ґрунтового поглинального комплексу, високі значення окисно-відновного потенціалу – є несприятливими чинниками для накопичення важких металів у ґрунтах.

Аналіз рухомих форм важких металів у ґрунті досліджених флорокомплексів показав, що більшість показників не перевищує рівня ГДК. При цьому мінімальний показник у кадмію в Li, Aln, Qbp, що викликано, очевидно, кислотністю (pH) ґрунту. Загалом показники кількості кадмію у досліджених флорокомплексах коливаються в межах від 0 до 0,7 мг/кг. Максимальна кількість кадмію у Mar (0,6 мг/кг), Rap (0,7 мг/кг) і лише вони перевищують рівень ГДК (табл. 1.), що викликано значним опосередкованим впливом, оскільки в ці флорокомплекси важкі метали потрапляють по течії Дніпра із міст та підприємств, що розташовані вище за течією.

Показники купруму у флорокомплексах коливаються в межах 0,5–4,0 мг/кг, при цьому ГДК перевищують тільки в Mar (3,2 мг/кг), Rap (4,0 мг/кг), що знижує ферментативну активність ґрунту. Аналогічні показники має нікель 0,5 – 5,0 мг/кг, перевищення ГДК в Mar та Rap (табл. 1).

Кількість плумбуму у верхньому шарі ґрунту залежить не тільки від антропогенного впливу, але й від оксидів заліза, які здатні утворювати комплекси з плумбумом. У досліджених флорокомплексах він коливається в межах 0,8–3,8 мг/кг і не перевищує ГДК.

Максимальний показник кількості цинку – 2,5–7,1 мг/кг, що викликано будовою материнської породи, для якої характерна велика кількість оксидів заліза та pH, у якому стає можливим поглинання гідрооксиду плумбуму. При цьому жоден показник не перевищує ГДК.

Отже, низькі показники коефіцієнтів біологічного накопичення свідчать про низький рівень нагромадження важких металів у ґрунтах всіх екофітонів Національного природного парку «Білобережжя Святослава», тобто про незначні процеси антропогенного впливу на природні екосистеми.

Піщані ґрунти характеризуються низькою поглинальною здатністю і дуже слабо утримують важкі метали, за винятком молібдену і селену. Тому вони легко адсорбуються рослинами, причому деякі з них навіть у дуже малих концентраціях мають токсичний вплив. Залежно від умісту в ґрунті важкі метали виступають як каталізатори або інгібітори біохімічних процесів у рослинах. Підвищення вмісту важких металів у ґрунтах інактивує ферменти, у першу чергу дегідрогеназу і протеазу, іноді подавляючи їх повністю. Коренева система рослин засвоює неадсорбовані ґрунтовим поглинаючим комплексом іони важких металів. І таким чином відбувається міграція палюдантів в екосистемі. Залежність накопичення йонів металів у рослинах установлювали за вмістом їх рухомих форм у ґрунтового розчині. Результати досліджень акумулюючої здатності важких металів домінуючими видами рослин представлені в табл. 2. Так, перевищення ГДК у домінантах Mar, Rap – *Zoocera marina* L. та *Ruppia cirrhoza* (Petagm) Grande. свідчить про інтенсивний опосередкований антропогенний вплив на водні флорокомплекси, які є частиною Національного природного парку «Білобережжя Святослава», оскільки в ці флорокомплекси важкі метали потрапляють течією Дніпра із міст та підприємств, що розташовані вище за течією. Значення коефіцієнтів важких металів у рослинах варіювали для кадмію від 0,04 (*Carex acuta* L., *Ruppia cirrhoza* (Petagm) Grande.)

Таблиця 1

Уміст важких металів у ґрунтах різних флорокомплексів Національного природного парку «Білобережжя Святослава»														
Флорокомп- лекси Важкі метали		ґрунти, мг/кг												
		Hpr	Rha	Rps	Nps	Li	Aln	Qbp	Pin	Hу	Lst	Mar	Rap	ГДК
Cd		0,01	0,01	—	0,01	—	—	—	0,03	0,03	0,04	0,6	0,7	0,5
Cu		1,1	2,1	1,0	0,5	—	—	—	1,5	1,3	1,5	3,2	4,0	3,0
Ni		0,9	1,1	1,1	1,0	0,8	0,4	0,5	1,0	0,5	0,6	4,4	5,0	4,0
Pb		1,7	2,2	1,6	0,8	—	—	—	1,8	1,7	1,8	3,0	3,8	6,0
Zn		4,2	5,6	3,9	2,5	—	—	—	4,3	4,3	4,6	6,9	7,1	23,0

Таблиця 2

Уміст важких металів у домінуючих рослинах флорокомплексів Національного природного парку «Білобережжя Святослава»														
Флорокомп- лекси Важкі метали		Рослини, мг/кг												
		Hpr	Rha	Rps	Nps	Li	Aln	Qbp	Pin	Hу	Lst	Mar	Rap	ГДК
Cd		—	0,09	—	0,06	—	—	—	0,09	0,04	0,04	0,9	1,1	0,2
Cu		7,6	7,8	5,9	6,4	7,3	7,3	7,3	7,7	1,6	1,8	44,0	55,8	30,0
Ni		0,9	1,3	1,15	0,8	1,2	1,1	1,0	1,3	0,8	0,9	6,2	8,0	5,0
Pb		5,9	8,2	6,8	5,4	6,4	7,0	7,0	7,2	2,0	2,0	15,9	31,2	10,0
Zn		39,5	54,0	58,5	31,5	44,0	49,5	49,3	58,0	4,6	4,7	132,0	157,3	150,0

Таблиця 3

Коефіцієнт біологічного поглинання в різних флорокомплексах Національного природного парку «Білобережжя Святослава»													
Флорокомп- лекси Важкі метали		Коефіцієнт біологічного поглинання, мг/кг											
		Hpr	Rha	Rps	Nps	Li	Aln	Qbp	Pin	Hу	Lst	Mar	Rap
Cd		–	9	–	6	–	–	–	3	1,3	1,0	1,5	1,6
Cu		6,9	3,7	5,9	12,8	–	–	–	5,1	1,2	1,2	13,8	14,0
Ni		1	1,2	1,05	0,8	1,5	2,75	2	1,3	1,6	1,5	1,4	1,6
Pb		3,5	3,7	4,25	6,75	–	–	–	4	1,1	1,1	5,3	8,2
Zn		9,4	9,6	15	12,6	–	–	–	13,5	1,1	1,0	19,1	22,2

до 1,1 (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud) мг/кг; для купруму від 1,6 (*Carex acuta* L.) до 55,8 (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud) мг/кг; для нікелю від 0,8 (*Agropyron lavrenkoanum* Prokudin., *Carex acuta* L.) до 8,0 (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud) мг/кг; для плумбуму від 2,0 (*Carex acuta* L., *Ruppia cirrhoza* (Petagma) Grande.) до 31,2 (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud) мг/кг; для цинку від 4,6 (*Carex acuta* L.) до 157,3 (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud) мг/кг. При цьому найнижчі значення коефіцієнтів накопичення і в ґрунті, і в рослинах характерні для Ну та Lst, що викликано географічними бар'єрами, що захищають їх від антропогенного навантаження.

За збільшенням коефіцієнтів накопичення елементів в рослинах їх можна розташувати в такий ряд: $Cd < Ni < Pb < Cu < Zn$ (табл. 2).

За значеннями коефіцієнтів біотичного поглинання можна зробити висновок не лише про роль окремих видів рослин і рослинності в цілому в кругообігу елементів в екосистемі, а й про здатність екосистеми до самоочищення (Sobotovych, Bondarenko et al., 2002). Рослинність фіксує на певний проміжок часу важкі метали, що ввійшли в біогеохімічний цикл, потім ці метали потрапляють в опад і після його розкладання переходять у водорозчинні форми, здатні до виведення водними потоками за межі екосистеми. У флорокомплексах Національного природного парку «Білобережжя Святослава», очевидно, особливо важливу роль у самоочищенні від важких металів відіграють представники родів *Phragmites* Trin. ex Steud. та *Zoocera* L. як через високу інтенсивність поглинання елемента (*Zoocera* L.), так і через високу біомасу цих видів в угрупованнях (*Phragmites* Trin. ex Steud.) (табл. 1–3).

ВИСНОВКИ

Отже, на території дослідження накопиченню важких металів у ґрунтах сприяє перш за все низька кислотність, рухомість у ґрунтового профілі, в оглеєних горизонтах ґрунтових розрізів низькі значення окисно-відновного потенціалу та високий уміст аморфних гідроксидів Fe.

Низькі показники коефіцієнтів біологічного накопичення свідчать про низький рівень нагромадження важких металів у ґрунтового покриві всіх екофітонів Національного природного парку «Білобережжя Святослава», тобто про незначні процеси антропогенного впливу на природні екосистеми.

Найбільший антропогенний вплив важких металів на ґрунти та екоценофітони спостерігається у флорокомплексах Маг, Рап, що відповідно свідчить про інтенсивний опосередкований антропогенний вплив на водні флорокомплекси, які є частиною Національного природного парку «Білобережжя Святослава», оскільки в ці флорокомплекси важкі метали потрапляють течією Дніпра із міст та підприємств, що розташовані вище за течією.

Серед проаналізованих видів-домінантів, що росли на незабруднених і забруднених територіях, виявлено два види-гіперакумулятори важких металів – *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud та *Zoocera marina* L. Крім того, на цих територіях поширені види, що нагромаджують значну біомасу і мають порівняно високі темпи акумуляції Cd, Zn, Pb, – це види *Grindelia squarrosa* L., *Salicornia prostrata* Pall., *Poa angustifolia* L., які можна рекомендувати як об'єкти майбутніх польових експериментів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- | | |
|---|---|
| <p>Denchylyya-Sakal, G. M., Nikolajchuk, V. I., Kolesnyk, A.V., Vakerych, M. M., Tkach, O. P., 2012. Osoblyvosti akumulyacyi vazhkykh metaliv v roslinax <i>Trifolium pratense</i> L. [Features accumulation of heavy metals in plants <i>Trifolium pratense</i> L.] Naukovyj</p> | <p>visnyk Uzhgorodskogo universytetu Seriya: Biologiya 33, 189–191 (in Ukrainian). Geletyuk, N. Y., Zolotareva, B. N., 1978. Metod podgotovky pochv k atomno-absorbcyonnomu opredelennyu mykroelementov [Method of Preparation of soil for atomic absorbtsyonnomu mykroelementov]. Opyt y</p> |
|---|---|

- metody ekologicheskogo monitorynga. Pushhyno, 255–260 (in Russian).
- Glazovskaya, M. A., 1997. Metodologicheskiye osnovy ocenky ekologo-geokhymicheskoy ustoychivosty pochv k tekhnogennym vozdeystviyam [Fundamentals methodological otsenki ecological and geochemical soil ustoychivosty for tekhnogennym impact]. MSU, Moscow (in Russian).
- Gotvyanska, V. O., Demura, V. I., 2014. Rozpodil ta nakopychennya vazhkykh metaliv v g`runtovo-roslinnomu pokryvi v umovakh tekhnogenogo vplyvu [Distribution and accumulation of heavy metals in soil and vegetation in conditions of anthropogenic influence]. Visnyk Dnipropetrovskogo universytetu. Seriya: Geologiya. Geografiya 15, 115–123 (in Ukrainian).
- Sobotovych, E. V., Bondarenko, G. N., 2002. Geokhimiya tekhnogennykh radionuklydov [Geochemistry tekhnogennykh radionuklydov]. NAN Ukrainy, In-t geokhymiy okruzhayushhej sredy. Naukova dumka, Kyev (in Ukrainian).
- Ylyn, V. B., 1991. Tyazhelye metally v systeme pochva-rastenye. [Heavy metals in the system soil-plants]. Nauka, Novosybyrsk (in Russian).
- Zyryna, N. G., Malaxova, S. G., 1981. Metodicheskiye rekomendacyy po provedenyyu polevykh y laboratornykh yssledovanyj pochv y rastenij pry kontrole zagryaznenyya okruzhayushhej sredy metallamy [Methodological recommendations on field and laboratory soil research and plants in the control environment pollution okruzhayuschej metal]. Gydrometeoyzdat, Moscow (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію 15.03.2017

ECOLOGICAL MODELING



V. R. Cherlinka 

Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.

UDK 631.4:551.4:004.942

*Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University,
str. Lesia Ukrainka, 25, Chernivtsi, Ukraine, 58012*

VARIATIONS IN THE PREDICTIVE EFFICIENCY OF SOIL MAPS DEPENDING ON THE METHODS OF CONSTRUCTING TRAINING SAMPLES OF PREDICATIVE ALGORITHMS

Abstract. The main objective was to study the influence of the training dataset on the qualitative characteristics of simulative soil maps, which are obtained through simulation using a typical set of materials that can be potentially available for the soil scientist in modern Ukrainian realities. Achievement of this goal was achieved by solving a number of the following tasks: a) digitizing of cartographic materials; b) creating DEM with a resolution equal to 10 m; c) analysis of digital elevation models and extraction of land surface parameters; d) generation of training datasets according to the described methodological approaches; e) creation simulation models of soil-cover in R-statistic; g) analysis of the obtained results and conclusions regarding the optimal size of the training datasets for predictive modeling of the soil cover and its duration. As an object was selected a fragment of the territory of Ukraine (4200×4200 m) within the limits of Glybotsky district of the Chernivtsi region, confined to the Prut-Siret interfluve (North Bukovyna) with contrast geomorphological conditions. This area has different administrative subordination and economic use but is covered with soil cartographic materials only by 49.43 %. For data processing were used instrumental possibilities of free software: geo- rectifications of maps material – GIS Quantum, digitalization – Easy Trace, preparation of maps morphometric parameters – GRASS GIS and building simulative soil maps – R, a language and environment for statistical computing. To create simulation models of soil cover, a R-statistic script was written that includes a number of adaptations for solving set tasks and implements the different types of predicative algorithms such as: Multinomial Logistic Regression, Decision Trees, Neural Networks, Random Forests, K-Nearest Neighbors, Support Vector Machines and Bagged Trees. To assess the quality of the obtained models, the Cohen's Kappa Index (?) was used which best represents the degree of compliance between the original and the simulated data. As a benchmark, the usual medial axes training dataset of was used. Other study options were: median-weighted and randomized-weighted sampling. This together with 7 predicative algorithms allowed to get 72 soil simulations, the analysis of which revealed quite interesting patterns. Models ranking by increasing the quality of the prediction by the kappa of the main data set shown, that the MLR algorithm showed the worst results among others. Next in ascending order are Neural Network, SVM, KNN, BGT, RF, DT. The last three algorithms refer to the classification and their high results indicate the greatest suitability of such approaches in simulation of soil cover. The sample based on the weighted median did not show strong advantages over others, as the results are quite controversial. Only in the case of the neural network and the Bugget Trees the results of the median-weighted sample prediction showed a better result vs a simple

 Tel.: +38050-158-25-85. E-mail: v.cherlinka@chnu.edu.ua

DOI: 10.15421/031716

ISSN 1726-1112. Ecology and noospherology. 2017. Vol. 28, no. 3–4

55

median sample and much worse than any variants of randomized training data. Other algorithms required a different number of randomized points to cross the 90 % kappa: KNN – 25 %; BGT, RF and DT – 90 %. To achieve 95 % kappa BGT algorithm requires 30% training points of the total, RF – 25 % and DT – 20 %. Decision Trees as a result turned out to be the most powerful algorithm, which was able to simulate the distribution of soil abnormalities from kappa 97.13 % with 35 % saturation of the training sample with the original data. Overall, DT shows a great difference between the approaches to selecting training data: any median falls by 13 % in front of a simple 5 % randomized-weighted set of training cells and 22 % – about 35 % of the set.

Key words: training data set, simulation, morphometric parameters, DEM, soil map, predictive algorithms.

УДК 631.4:551.4:004.942

В. Р. Черлинка

канд. биол. наук, доц.

*Черновицкий национальный университет им. Ю. Федьковича,
ул. Леси Украинки, 25, г. Черновцы, Украина, 58012,
тел.: +38050-158-25-85, e-mail: v.cherlinka@chnu.edu.ua*

ВАРИАЦИИ ПРОГНОЗНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЧВЕННЫХ КАРТ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ ПОСТРОЕНИЯ ОБУЧАЮЩИХ ВЫБОРОК ПРЕДИКАТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ

Аннотация. Основной целью математического эксперимента было исследование влияния способа построения обучающей выборки на качественные характеристики симулятивных почвенных карт, получаемых путем моделирования при использовании типового набора материалов, которые могут быть потенциально доступными рядовому почвоведу или ученому в современных украинских реалиях. При этом показано, что морфометрические параметры рельефа и его производных являются надежным базисом предикативного моделирования пространственного распространения почвенных таксонов с достаточно высокой точностью, а представленная методика имеет значительную перспективу в научно-производственных задачах. Сделана расширенная оценка качества симулятивных почвенных карт при различных способах построения обучающей выборки и показано, что наиболее перспективным является использование рандомизированно-взвешенного подхода. Установлены различия в качестве прогнозных почвенных карт при использовании 7 основных типов предикативных алгоритмов и доказано, что наиболее подходящими для такого рода задач являются классификационные модели, в частности Decision Trees, Random Forests и Bugget Trees, применение которых позволило получить 97%-ное совпадение реальных и модельных данных.

Ключевые слова: обучающая выборка, симуляция, морфометрические параметры, ЦМР, почвенная карта, предикативные алгоритмы.

УДК 631.4:551.4:004.942

В. Р. Черлінка

канд. біол. наук, доц.

*Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича,
вул. Лесі Українки, 25, м. Чернівці, Україна, 58012,
тел.: +380501582585, e-mail: v.cherlinka@chnu.edu.ua*

ВАРІАЦІЇ ПРОГНОЗНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ҐРУНТОВИХ КАРТ ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБІВ ПОБУДОВИ НАВЧАЛЬНИХ ВИБІРОК ПРЕДИКАТИВНИХ АЛГОРИТМІВ

Анотація. Основною метою математичного експерименту було дослідження впливу способу побудови навчальної вибірки на якісні характеристики симулятивних ґрунтових карт, які отримуються шляхом моделювання при використанні типового набору матеріалів, які можуть бути потенційно доступними пересічному ґрунтознавцю чи науковцю в сучасних українських реалиях. При цьому показано, що морфометричні параметри рельєфу та його деривати є надійним базисом предикативного моделювання просторового поширення ґрунтових відмін з достатньо високою точністю, а представлена методика має значну перспективу в науково-виробничих задачах. Зроблено розширену оцінку якості симулятивних

грунтових карт при різних способах побудови навчальної вибірки і показано, що найбільш перспективним є використання рандомізовано-зваженого підходу. Установлено відмінності в якості прогнозних ґрунтових карт при використанні 7 основних типів предикативних алгоритмів та доведено, що найбільш придатними для такого роду задач є класифікаційні моделі, зокрема Decision Trees, Random Forests та Bugget Trees, застосування яких дозволило отримати 97%-вий збіг реальних та модельних даних.

Ключові слова: навчальна вибірка, симуляція, морфометричні параметри, ЦМР, ґрунтова карта, предикативні алгоритми.

ВСТУП

Аналіз ситуації навколо актуальності великомасштабних ґрунтових картографічних матеріалів в Україні (Polchyna et al., 2004; Achasov et al., 2015; Cherlinka, 2017) показує, що вірогідність швидкого розв'язання наявних проблем знаходиться на дуже низькому рівні. Враховуючи те, що близько чвертини території країни, зокрема гірські системи Карпат та Криму, покриті лісовою рослинністю рівнинні території, ареали переважної кількості населених пунктів тощо суцільною ґрунтовою зйомкою ніколи не були покриті і обстежувалися лише спорадично, то в сучасних економічних умовах сподіватися на виділення коштів для актуалізації існуючих матеріалів та дообстеження білих плям не варто. Певні зрушення завдяки активній позиції ґрунтознавчої спільноти, звичайно, відбуваються (Laktyonova et al., 2012; Rousseva et al., 2015; Postanova Prezydii Natsionalnoi akademii ..., 2017), але швидкість їх реалізації поки що недостатня. Зауважимо, що подібні проблеми притаманні не тільки Україні чи ряду інших країн, що розвиваються, а й таким країнам, як Австралія (Bui and Moran, 2003).

У таких вихідних умовах доволі логічним кроком є заповнення прогалів у картографічній інформації прогнозними даними. І дійсно, на протязі останніх десятиліть значно зросла кількість таких досліджень, присвячених саме моделюванню просторового розташування таксономічних ґрунтових одиниць (Bui and Moran, 2003; McBratney et al., 2003; Scull et al., 2003; Walter et al., 2006; MacMillan, 2008; Browning and Duniway, 2011; Caten et al., 2013; Brungard et al., 2015; Malone et al., 2016; Heung et al., 2016, 2017). При цьому застосовується великий спектр математичних методів: від багатофакторного регресійного аналізу, крігінгу, нейронних мереж до різного роду класифікаційних дерев (Florinsky, 2012). Загальна ідея, яка лежить в основі застосування таких методів, полягає у використанні опорних точок ландшафтів та приурочених до них ґрунтових таксонів (Lagacherie et al., 2001). Основним джерелом предикторів у даному напрямку моделювання є цифрова модель рельєфу (ЦМР), аналіз якої дозволяє виділити цілий ряд геоморфологічних та пов'язаних з ними параметрів. Оскільки модельовані змінні (різновиди ґрунтів) відносяться не до числового, а категоріального типу даних, а отримані з ЦМР показники, як правило, числові, то використання лише просунутих математичних методів дозволяє встановити неочевидні на перший погляд залежності між усіма цими параметрами (Giasson et al., 2008; Kempen et al., 2009; Debella-Gilo and Etzelmüller, 2009; Hengl, 2009; Malone et al., 2016; Cherlinka, 2017).

Загальна процедура моделювання передбачає виділення певної частини даних з досліджуваної сукупності для машинного навчання і подальшої симуляції вже на основі цих даних. Feng and Michie (1994) характеризує цей процес через такі етапи: генерація навчальної вибірки, навчання алгоритму; створення класифікаційних правил; тестування на повному наборі даних.

У нашому випадку головним завданням побудови навчальної вибірки для наступної побудови прогнозної ґрунтової карти (чи будь-якої іншої карти з категоріальними даними) є вибір таких точок, просторове розташування яких найбільш повно охоплювало б варіювання таксономічних одиниць ґрунтів та

відповідних їм предикторів. Тренування моделі на цій вибірці дозволяє встановити взаємозв'язки та залежності між цими всіма параметрами та перенести потім отримані результати на весь досліджуваний регіон. Це також дозволяє екстраполювати результати за межами існуючих ґрунтових карт, оскільки набір предикторів здобувається на основі ЦМР, яка охоплює всю територію. Важливим моментом при цьому є те, щоб в обраному регіоні досліджень навчальна вибірка охоплювала всі можливі елементи рельєфу, в яких залягають ґрунти. В іншому випадку, коли, наприклад, архівна ґрунтова карта розроблена лише для рівнинної частини території, а в моделюванні бере участь й гірська частина, на якій ґрунтові обстеження не проводилися, можна отримати завідомо неправдиві результати. Сучасні предикативні алгоритми можуть установлювати складні і неявні зв'язки між результуючими та факторними ознаками, але вони безсилі, коли модель навчається на одному типі даних (рівнинні форми рельєфу), а результати екстраполюються на зовсім інший тип (гірські форми рельєфу).

До процесу побудови набору навчальних даних чітко розрізняють два підходи (Brungard et al., 2015; Heung et al., 2016; Heung et al., 2017): дані по розрізах, закладених у польових умовах, та вибірка з чітко окреслених контурів полігонів ґрунтових карт. Перший підхід має непогані перспективи, але вимагає великої сформованої бази даних по верифікованих ґрунтових розрізах, з чим наразі є проблеми. Україна знаходиться на початку шляху зі створення такого банку даних по всій території держави з повною та всеохоплюючою інформацією про ґрунтові розрізи (Postanova Prezydii Natsionalnoi akademii ..., 2017). Тому інший підхід, як більш актуальний у найближчій часовій перспективі і простіший для реалізації в поточних умовах моделювання, потребує більш детального розгляду.

Аналіз літератури показує, що при виборі обсягу навчальної вибірки різні автори використовують різноманітний арсенал методів, від простих механістичних (Steers and Hajek, 1979; Wright and Wilson, 1979; McKay et al., 2000; Campling et al., 2002; McBratney et al., 2003; Walter et al., 2006; Giasson et al., 2008; Hengl, 2009; Caten et al., 2013; White, 2006; Malone et al., 2016) до опрацьованих теоретично (McBratney et al., 2003; Hengl et al., 2003). Щодо вибору методики розташування точок навчальної вибірки також існують різні думки (Walter et al., 2006).

Так, наприклад, Bui and Moran (2003) описує спосіб обрання певного відсотка даних для охоплення площі окремих ареалів кожного з ґрунтових класів рандомізованою навчальною вибіркою – площі-зважений підхід (area-weighted). При цьому для різних масштабів було використано різні відсотки площинно-зважених точок, зокрема: для M1:500000 використали 15 %, для M1:250000 – 25 % або 20 % і для M1:100000 взяли 35 %. Згідно з класифікацією Walter et al. (2006) виділяються такі можливі стратегії вибору вибірки: простий рандомізований вибір (Wright and Wilson, 1979), випадкові трансекти з фіксованою відстанню між точками (Steers and Hajek, 1979), стратифікована вибірка для дослідження відмінностей між полігонами на коротких відстанях (Walter, 1990, цит. за: Walter et al., 2006).

White (2006) як один із можливих варіантів пропонує виділяти навчальні вибірки на основі експертного підходу. На противагу йому McKay et al. (2000) виділяють 3 основних способи виділення навчального набору даних: рандомізований, стратифікований та на основі латинського гіперкуба. Hengl et al. (2003) зробили спробу узагальнити всі методи та підвести під них теоретичну основу. У подальших дослідженнях (Hengl, 2009) дійшли думки, що випадковий вибір точок має недоліки за рахунок варіацій якості існуючих карт у різних їх частинах, а оскільки ґрунтові таксони мають площинний (полігональний) характер, то запропонували розмішувати тренувальні точки вздовж медіальних (серединних) осей для цих полігонів (рис. 3, а). Відповідно ці автори обґрунтували, що такий спосіб їх розташування найбільш повно описує умови залягання ґрунтів, а також і мінімізує помилки класифікації на межах ґрунтових відмін.

Malone et al. (2016) використовує для 12 предикативних класів вибірку на основі 1000 точок, з яких 70 % залучає до внутрішньої валідації моделі, а 30 % залишає для зовнішньої валідації на навчальній же вибірці. Потім результати «навчання» переносяться на повний набір даних, тобто в даному випадку кількість точок навчальної вибірки жорстко детермінована і становить в середньому всього $700/12=58$ точок на клас. Подібним шляхом пішли Sampling et al. (2002) при моделюванні дренажних класів ґрунтів, коли застосували стратегію рандомізації просторових точок зі щільністю 200 га/точку, покривши територію 58 900 га набором із 295 точок, та Giasson et al. (2008), використавши рандомний підхід з одним спостереженням на 3.5 га для території 720 км², що складає в середньому 29 точок на 1 км². McBratney et al. (2003) дали більш чіткі рекомендації щодо кількості точок навчальної вибірки (відносно растеризованої попередньої карти): $0.0001M < x < 0.001M$, розташованих рандомізовано. Дослідження Caten et al. (2013) при застосуванні алгоритму Decision Trees спонукали до висновку, що набір навчальних точок менше 5 % від їх загальної кількості є нерепрезентативним, а більше 20 % – надмірним та потребує непотрібних затрат машинного часу без поліпшення якості фінальних моделей.

Зауважимо, що ряд предикативних алгоритмів навіть при використанні великих наборів навчальної вибірки дають високий (до 100 %) збіг прогнозних та реальних класифікаційних одиниць у межах цієї ж вибірки, що не завжди відповідає такій точності на всьому об'ємі даних. Тому завданням даного дослідження було охопити ряд варіантів побудови навчальної вибірки при використанні кількох перспективних предикативних алгоритмів і виділити ті способи, які дають у результаті прогнозування найкращі результати не тільки на навчальних, але й на реальних наборах даних. Це є важливим з огляду на те, що предикативні карти є цікаві не тільки як об'єкт наукового вивчення, а й як важливий інструмент здобуття інформації про ґрунтовий покрив у локаціях, де дослідження досі не проводилися. Тому чим вищий ступінь збігу прогнозних даних з реальною картою, тим більш обґрунтованими будуть висновки щодо інформації, локалізованої в «білих плямах» ґрунтових карт великого масштабу. Останнє є на даний момент актуальним і важливим у світлі оптимізації нормативної грошової оцінки земель та інших науково-практичних задач сьогодення.

Відповідно до цього метою нашої роботи стало дослідження способів створення навчальної вибірки та їх впливу на якісні характеристики симулятивних ґрунтових карт шляхом проведення математичного експерименту при використанні типового набору матеріалів, які можуть бути потенційно доступними пересічному ґрунтознавцю чи науковцю в сучасних українських реаліях. До них ми відносимо великомасштабні ґрунтові та топографічні карти (M1:10000) й вільне програмне забезпечення – геоінформаційні системи GRASS (GRASS Development Team, 2017) і Quantum (QGIS Development Team, 2015), векторизатор Easy Trace (EasyTrace group, 2015) та мову статистичних розрахунків R-statistic (R Development Core Team, 2017).

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Відповідно до поставленої мети нами були визначені такі завдання: а) оцифрування та атрибутування картографічних матеріалів; б) побудова ЦМР з роздільною здатністю ρ , рівною 10 м; в) аналіз цифрових моделей рельєфу і виділення з них у ГІС GRASS набору карт морфометричних та інших похідних характеристик; г) генерація навчальних вибірок згідно з описаними методичними підходами; д) створення в R-statistic симулятивних моделей ґрунтового покриття (карт-версій або карт-моделей) з використанням 7 основних типів предикативних алгоритмів як для ареалів з наявною ґрунтовою інформацією, так і для тих, де вона не представлена; ж) аналіз отриманих результатів і висновки щодо оптимальної величини навчальної вибірки для прогнозного моделювання ґрунтового покриття та його тривалості.

Як об'єкт було обрано фрагмент території України (рис. 1, а) у межах Чернівецької області (рис. 1, б), приурочений до Прут-Сіретського межиріччя (Північна Буковина, Передкарпаття) з контрастними геоморфологічними умовами і адміністративно належний Глибоцькому району (рис. 1, в). Даний ареал (4200×4200 м) має різне адміністративне підпорядкування та господарське використання, а при його виборі були вирішені типові проблеми, що часто виникають при роботах такого характеру (Cherlinka and Dmytruk, 2014; Cherlinka, 2015; Cherlinka, 2017). Система координат проекту була приведена до СК 1963 (зона Х2), сканований лист топографічної карти М 1:10000 – М-35-136-Г-6-2 (рис. 1, г) геореєтрифікувався з використанням створеної векторної математичної основи, а геоприв'язка ґрунтових карт здійснювалася до характерних точок місцевості та адміністративних меж існуючих на даний момент сільських рад (Михайлівської (н.п. Червона Діброва та Михайлівка) – А, Волоцької – Б, Валя-Кузьмінської – В та Тарашанської – Г Глибоцького району Чернівецької області. Інформативні ґрунтові матеріали базувалися на серії архівних ґрунтових карт колгоспу «Україна» с. Тарашани (територія Тарашанської сільської ради (зйомка 1993 р.), колгоспу ім. Т. Г. Шевченка с. Михайлівка і с. Червона Діброва (територія Михайлівської сільської ради (обстеження 1992 р.) та колгоспу ім. Фрунзе с. Волока, с. Грушівка і с. Валя Кузьміна (територія сучасних Волоцької та Валя-Кузьмінської сільських рад (обстеження 1991 р.). Після зведення номенклатурного списку ґрунтів до єдиної системи та узгодження контурів і типів ґрунтів на межах господарств інформація була дигіталізована та отримано попередні дані щодо відсотка покриття території ґрунтовими обстеженнями: з 1 764 га загальної площі для 872 га, або 49,43 %, дані повністю відсутні (рис. 2, табл. 1). «Білі» плями приурочені до території населених пунктів та лісових масивів, які входять до меж згаданих сільських рад.

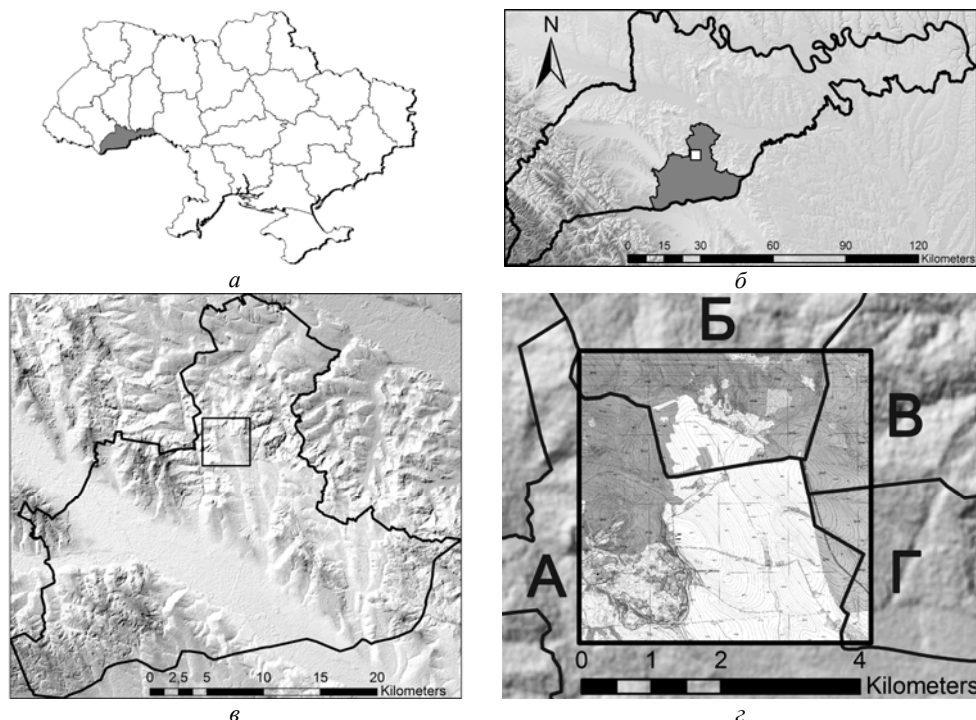


Рис. 1. Географічне розташування регіону досліджень у межах України (а), Чернівецької області (б), Глибоцького району (в) та схема тестового полігону (г). Для фону використано дані SRTM – NASA's Shuttle Radar Topography Mission

Таблиця 1

Площі ґрунтових відмін території симуляції при растрезації ґрунтової карти						
Шифр	Номенклатурний перелік ґрунтів	Архівна карта		Площа ґрунтів растрезаної карти при $\rho=10$ м		
		га	%	га	Кількість комірків	% від загальної площі карти
						% до обстежених
0	Обстеження не проводилось	872,02	49,43	871,99	87199	49,44
1	Сірі лісові поверхнево-глеюваті крупнопилувато-легкосуглинкові на лесовидних суглинках	30,18	1,71	30,32	3032	1,72
2	Сірі лісові поверхнево-глеюваті слабозмиті крупнопилувато-легкосуглинкові на лесовидних суглинках	105,45	5,98	105,37	10537	5,97
3	Сірі лісові поверхнево-глеюваті середньозмиті крупнопилувато-середньосуглинкові на лесовидних суглинках	34,09	1,93	34,17	3417	1,94
4	Темно-сірі лісові поверхнево-глеюваті крупнопилувато-легкосуглинкові на лесовидних суглинках	49,40	2,80	49,42	4942	2,80
5	Темно-сірі лісові поверхнево-глеюваті слабозмиті крупнопилувато-легкосуглинкові на лесовидних суглинках	81,54	4,62	81,32	8132	4,61
6	Дерново-середньопідзолисті поверхнево-глеюваті крупнопилувато-легкосуглинкові на лесовидних суглинках	122,84	6,96	122,82	12282	6,96
7	Дерново-середньопідзолисті поверхнево-глеюваті слабозмиті крупнопилувато-легкосуглинкові на лесовидних суглинках	145,17	8,23	145,13	14513	8,23
8	Дерново-середньопідзолисті поверхнево-глеюваті середньозмиті крупнопилувато-легкосуглинкові на лесовидних суглинках	21,28	1,21	21,23	2123	1,20
9	Дерново-підзолисті поверхнево-глеюваті сильнозмиті на давніх зсувах крупнопилувато-важкосуглинкові на підстелених глинами лесовидних суглинках	178,74	10,13	178,58	17858	10,12
10	Дерново-підзолисті поверхнево-глеюваті середньозмиті на давніх зсувах крупнопилувато-середньосуглинкові на підстелених глинами лесовидних суглинках	17,99	1,02	18,20	1820	1,03
11	Лучно-болотні крупнопилувато-середньосуглинкові на давніх алювіально-делювіальних відкладах	70,91	4,02	71,05	7105	4,03
12	Лучні піщанисто-середньосуглинкові на сучасних делювіальних відкладах	5,26	0,30	5,26	526	0,30
13	Виходи лесовидних суглинків крупнопилувато-важкосуглинкові	29,14	1,65	29,14	2914	1,65
	Всього обстежених	891,98	50,57	892,01	89201	50,56
	Всього	1764,00	100,00	1764,00	176400	100,00
						–

За базову роздільну здатність ЦМР було обрано крок 10 м, який при відносно високій точності відтворення топографії забезпечує також практичний збіг площ векторизованих та растеризованих ґрунтів. Такий крок дискретизації моделі, окрім того, добре узгоджується з вимогами щодо відображення мінімальних ґрунтових контурів на картах. Наприклад, при різкій виразності в натурі ґрунтових контурів їх мінімальний розмір на карті М1:10000 становить 0,3 га, які відповідають 30 пікселам, що дозволяє створювати навчальну вибірку, чого при нижчій деталізації карти досягнути проблематично.

Для опрацювання даних були використані інструментальні можливості вільного програмного забезпечення: геореєстрація картографічного матеріалу – ГІС Quantum (QGIS Development Team, 2015), оцифрування – Easy Trace (EasyTrace group, 2015), підготовка карт морфометричних параметрів і генерація ЦМР – ГІС GRASS (GRASS Development Team, 2017) та симуляція карт ґрунтового покриття – мова статистичних розрахунків R-statistic (R Development Core Team, 2017). На основі цифрової моделі рельєфу з роздільною здатністю 10 м виділили ряд морфометричних характеристик рельєфу, які послуговували предикторами: крутість та експозиція схилів, кривизни поверхні (поздовжня та максимальна), сонячна радіація, форми рельєфу. Також були згенеровані додаткові карти гідрологічних показників: топографічного індексу вологості, акумуляції, напрямку та довжини водних потоків і відстані до них.

Для створення симулятивних моделей ґрунтового покриття нами був написаний скрипт на мові R-statistic (R Development Core Team, 2017), який включає в себе ряд адаптацій для вирішення поставлених завдань та реалізує 14 основних типів предикативних алгоритмів, з яких 7 були використані в даному дослідженні, зокрема: 1. Multinomial Logistic Regression – MLR (Giasson et al., 2008; Kempen et al., 2009; Debella-Gilo and Etzelmueller, 2009; Hengl, 2009; Cherlinka, 2017; Malone et al., 2016). 2. Neural Networks – NN (Venables and Ripley, 2002; Ripley and Venables, 2016). 3. Decision Trees – DT (Venables and Ripley, 2002). 4. Random Forests – RF (Breiman, 2001; Cutler et al., 2012). 5. K-Nearest Neighbors – KNN (Liu, 2011). 6. Support Vector Machines – SVM (Venables and Ripley, 2002; Hastie et al., 2009). 7. Bagged Trees – BGT (Hastie et al., 2009; Kuhn and Johnson, 2013).

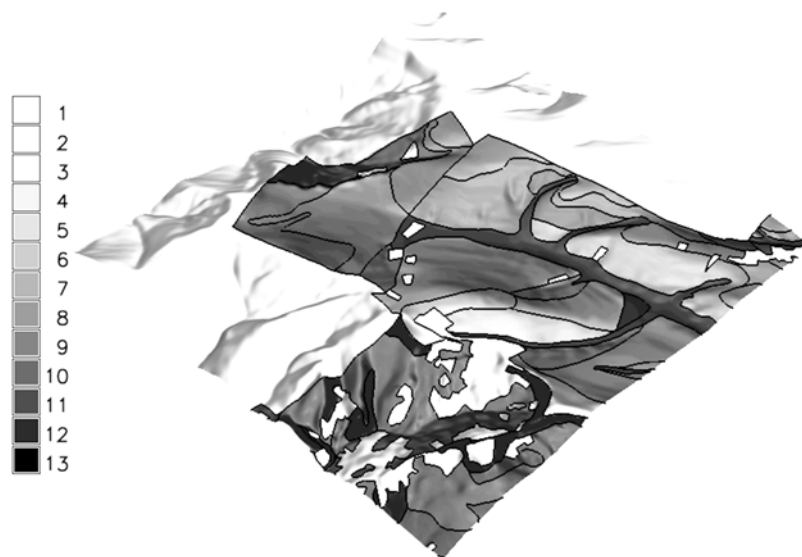


Рис. 2. Драпована оригінальною ґрунтовою картою цифрова модель рельєфу території досліджень (номери ґрунтів відповідають їх порядковим номерам у номенклатурному переліку в табл. 1)

Для оцінки якості отриманих моделей використали індекс каппа Когена κ (Kuhn, 2008; Hengl, 2009; Li and Zhang, 2007; Grinand et al., 2008; Malone et al., 2016; Landis and Koch, 1977), який у даному випадку показує ступінь відповідності між оригінальними та симулятивними даними.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Як було зауважено, моделювання передбачає створення навчальної вибірки, використання якої для «тренування» предикативних алгоритмів дозволяє в подальшому отримати прогнозні карти. Запропонована (Dobos and Hengl, 2009; Hengl, 2009) та апробована (Cherlinka, 2017) методика (назвемо її медіанною) показала непогані результати, тому була використана як еталон для порівняння з іншими способами, зокрема медіанно- та рандомізованими зваженими. Розрахунок виявив, що еталонна навчальна вибірка, побудована за допомогою розробленого нами скрипта, включає загалом 6,18 % точок (5517) від загальної кількості растеризованих комірок обстежених ґрунтів (89201). При цьому співвідношення навчальних комірок та їх процентний розподіл не відповідає пропорціям площ ґрунтів на оригінальній карті (табл. 2). Так, ґрунти за шифрами 1, 3, 8 і 9 мають незначне перевищення в пропорціях медіанної вибірки, а 11, 12 та 13 значно перевищують за обсягами реальне співвідношення між таксонами карти. Ґрунти 4, 5 і 10 навчальної медіанної вибірки незначно поступаються в пропорціях даним архівної карти, а вибірка точок ґрунтів з кодами 2, 6 та 7 досить сильно не відповідає необхідним співвідношенням.

Тому на основі еталонної медіанної вибірки нами була створена медіанно-зважена вибірка, яка повністю відповідає структурі ґрунтів оригінальної карти. Враховуючи обмежену кількість даних еталону та необхідність дотримання точних пропорцій між окремими точками ґрунтів, величина навчальної вибірки зменшилася і відносно еталону становить лише 61,34 %, або 3 384 комірки (табл. 2). У масштабах всієї території, покритої великомасштабними обстеженнями, це становить 3,79 %.

На відміну від медіанно-зваженого, рандомізовано-зважений підхід позбавлений проблеми зі зниженням актуальної кількості точок навчальної вибірки і дозволяє отримати саме ті пропорції між тренувальними комірками і загальною величиною вибірки, які обумовлені умовами запланованого експерименту, зокрема 5, 10, 15, 20, 25, 30 та 35 % від площі обстежених ґрунтів (табл. 2). При цьому спостерігаються значні відмінності в просторовому розподілі навчальних точок. Для порівняння наведемо приклад з фрагментом медіано-зваженого (рис. 3, а) та крайніми варіантами рандомізовано-зважених наборів – 5 % та 35 % (рис. 3, б, в) з накладеними контурами ґрунтів. Такий набір варіантів (еталон, медіанно-зважена та рандомізовано-зважені вибірки) у сукупності з 7 предикативними алгоритмами дозволив отримати 72 симуляції ґрунтового покриття, аналіз яких виявив досить цікаві закономірності.



Рис. 3. Різниця в просторовій структурі навчальних даних

Так, у ході експерименту було встановлено, що час компутації лінійно залежить від кількості комірок навчальної вибірки (рис. 4). Незначні девіації у витратах машинного часу спостерігаються на медіанній та медіанно-зваженій вибірці, у рандомізовано-зважених варіантах він має однозначно лінійний характер (рис. 4). Для пояснення цього явища можна зробити 2 припущення: а) складністю підбору

Таблиця 2

Розподіл даних навчальної вибірки в розрізі структури експерименту

Шифр групи	Еталонний медіанний набір			Медіанний зважений набір			Рандомізований зважений набір					
	Кількість точок	% від загального числа точок дослідженої растеризованої карти	% від загального числа медіанних точок	Коригована кількість навчальних точок	% від загального числа зважених медіанних точок	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%
1	194	0,22	3,52	115	3,40	152	304	455	607	758	910	1062
2	405	0,45	7,34	400	11,82	527	1054	1581	2108	2635	3162	3688
3	217	0,24	3,93	129	3,81	171	342	513	684	855	1026	1196
4	220	0,25	3,99	188	5,56	248	495	742	989	1236	1483	1730
5	455	0,51	8,25	309	9,13	407	814	1220	1627	2033	2440	2847
6	582	0,65	10,55	466	13,77	615	1229	1843	2457	3071	3685	4299
7	748	0,84	13,56	551	16,28	726	1452	2177	2903	3629	4354	5080
8	172	0,19	3,12	80	2,36	107	213	319	425	531	637	744
9	1206	1,35	21,86	678	20,04	893	1786	2679	3572	4465	5358	6251
10	109	0,12	1,98	69	2,04	91	182	273	364	455	546	637
11	763	0,86	13,83	269	7,95	356	711	1066	1421	1777	2132	2487
12	44	0,05	0,80	20	0,59	27	53	79	106	132	158	185
13	402	0,45	7,29	110	3,25	146	292	438	583	729	875	1020
Всього	5517	6,18	100,00	3384	100	4461	8921	13381	17841	22301	26761	31221

класифікаційних правил для ряду алгоритмів при медіанній концентрації тренувальної вибірки; б) дещо неоптимізованою структурою розробленого нами скрипта. У будь-якому разі ці відхилення не впливають кардинально на загальну картину витрат часу на обчислення, а виявлення причин таких відхилень буде одним із завдань наступних досліджень. Для орієнтовного розрахунку часових витрат можна скористатися рівнянням регресії у вигляді лінійної функції, яке наведене на рис. 4, де x – бажана кількість точок навчальної вибірки (%), y – орієнтовний час обрахунків (год.). Зауважимо, що попри високу точність даного рівняння ($R^2=0,9791$) зіставні часові результати можуть бути отримані лише в умовах подібної тестової платформи: операційної системи Debian GNU/Linux 9 (stretch з ядром 4.9.0-3-amd64 x86_64) та процесора Intel Core I7-5700HQ CPU@3.50GHz з 16 Gb RAM.

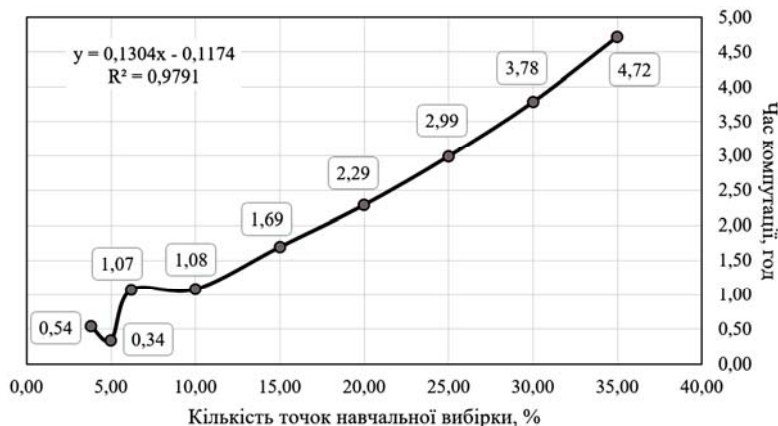


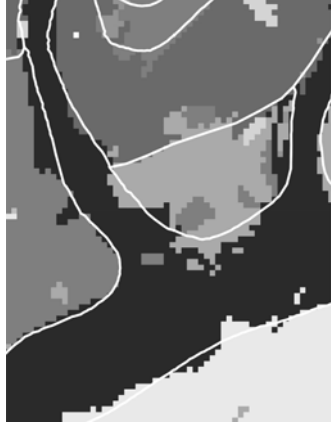
Рис. 4. Час компутації при різних варіантах навчальних вибірок

Отриманий масив симуляцій ґрунтового покриття цікавий з точки зору його відповідності оригінальній карті, і, відповідно до цього, прогностичній «силі» в районах з відсутньою інформацією. Оскільки алгоритми аналізують весь спектр предикативних параметрів, виробляючи класифікаційні правила, то при високому збігу модельних і реальних даних можна буде говорити про певний рівень статистичної достовірності даних у районах «білих плям». Отримані нами результати можна в цьому плані називати досить обнадійливими з огляду на діапазон отриманих значень κ Когена (табл. 3). Якщо проранжувати моделі за зростанням якості предикції по κ основного набору даних, то алгоритм MLR показав найгірші результати серед інших. За ним ідуть у порядку зростання Neural Network, SVM, KNN, BGT, RF, DT. Останні три алгоритми відносяться до класифікаційних, і їх високі результати свідчать про найбільшу придатність такого роду підходів у симуляціях ґрунтового покриття. Вибірка на основі зваженої медіани не показала яскравих переваг перед іншими, оскільки результати досить суперечливі. Лише у випадку нейронної мережі та Bugget Trees результати предикції на медіано-зваженій вибірці показали кращий результат за просту медіанну вибірку, і значно гірші за будь-які варіанти рандомізованих навчальних даних. MLR окрім найгірших загальних результатів виявився ще й стабільним, з $\kappa = 61,01\%$ в усіх варіантах основних даних. NN на основних даних у жодному випадку не перейшов межу 70% , а SVM не перетнув 90% , хоча $83,19\%$ теж можна вважати дуже непоганим результатом. Іншим алгоритмам знадобилася різна кількість рандомізованих точок для перетинання межі якості предикції з каппа 90% : KNN – 25% , BGT, RF та DT – 90% . Для досягнення каппа 95% алгоритм BGT потребує 30% навчальних точок від їх загальної кількості, RF – 25% , а DT – 20% .

Decision Trees в результаті виявився найпотужнішим алгоритмом, який зміг змодельовати поширення ґрунтових відмін з $\kappa = 97,13\%$ при 35% -вому насиченні навчальної вибірки вихідними даними (рис. 5). Загалом DT показує яскраву



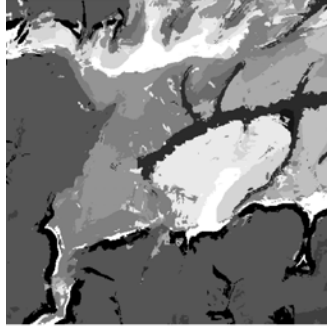
Фрагмент оригінальної карти



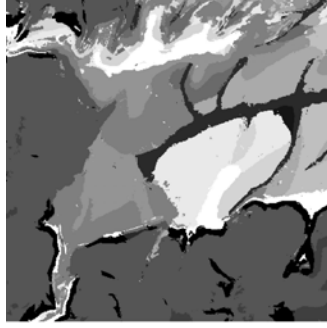
Фрагмент DT моделі, 5%-вий рандом,
 $\kappa = 88,06$



Фрагмент DT моделі, 35%-вий рандом,
 $\kappa = 97,13$



DT модель, $\kappa = 88,06$



DT модель, $\kappa = 97,13$



Оригінальна карта

Рис. 5. Результати симуляції карт ґрунтового покриття алгоритмом DT.
Показано граничні моделі для рандомізовано-зваженої навчальної вибірки

відмінність між підходами до обирання навчальних даних: будь-яка медіана поступається на 13 % перед простим 5%-вим рандомізовано-зваженим набором навчальних комірок і на 22 % відносно 35%-вого набору. Візуалізація отриманих карт-версій (карт-моделей) показує (рис. 5), що вже 5%-ва рандомізована вибірка з алгоритмом DT дає непогані результати, а при 35 % вони практично ідентичні.

Аналіз рівня зіставності отриманих нами результатів по якості симуляції з подібними дослідженнями показує, що каппа більшості наших моделей перевищує усереднені значення з літературних джерел. Так, у роботі (Hengl, 2009) $\kappa = 51\text{--}67\%$ вважається непоганим показником. У праці (Grinand et al., 2008) $\kappa = 67\text{--}87\%$ для навчальної вибірки і складає близько 30 % – для основного набору даних. Для дрібномасштабних ґрунтових карт Giasson et al. (2008) отримали значення $\kappa = 37\text{--}54\%$. У Malone et al. (2016) її величина варіює в межах 35–40 %. Згідно з діапазонами, наведеними Landis and Koch (1977), отримані нами і описані вище результати мають у гірших моделей – істотне сходження ($\kappa = 0,61\text{--}0,80$), а в ліпших – майже повне сходження ($\kappa = 0,81\text{--}0,99$). Відповідно, це дозволяє оцінити якість симулятивних карт-версій як таку, що не поступається рівню аналогічних за літературними даними. Окрім того, вважаємо, що існує ще певний потенціал щодо підвищення загальної κ , зокрема шляхом більш ретельного добору предикторів моделі та розширення їх числа включенням даних дистанційного зондування Землі, карт антропогенних відкладів тощо. Значним корисним ефектом такого роду моделювання є можливість заповнення прогалів на існуючих картографічних матеріалах даними з предикативних карт-версій та отримання, таким чином, комбінованих ґрунтових карт. Звісно, це не виключає потреби у великомасштабному ґрунтовому обстеженні таких ареалів, але за відсутності можливості його проведення дозволяє отримати хоча б якісь дані на науковій основі з певним рівнем статистичної достовірності. Це також дозволяє її використовувати у прикладних задачах ґрунтознавства, агрономії, землевпорядкування та землеустрою, тобто сферах, де потреба в таких даних стоїть найбільш гостро.

ВИСНОВКИ

Проведений математичний експеримент виявив, що існує значний вплив способу побудови навчальної вибірки на якісні характеристики симулятивних ґрунтових карт, які отримуються шляхом моделювання при використанні типового набору матеріалів, які можуть бути потенційно доступними пересічному ґрунтознавцю чи науковцю в сучасних українських реаліях. При цьому показано, що морфометричні параметри рельєфу та його деривати є надійним базисом предикативного моделювання просторового поширення ґрунтових відмін з достатньо високою точністю, а представлена методика має значну перспективу в науково-виробничих задачах. Зроблено розширену оцінку якості симулятивних ґрунтових карт при різних способах побудови навчальної вибірки і показано, що найбільш перспективним є використання рандомізовано-зваженого підходу. Установлено відмінності у якості прогнозних ґрунтових карт при використанні 7 основних типів предикативних алгоритмів та доведено, що найбільш придатними для такого роду задач є класифікаційні моделі, зокрема Decision Trees, Random Forests та Bugget Trees.

* * *

Дослідження виконане за фінансової підтримки Національної стипендіальної програми по обміну студентів, аспірантів, викладачів вузів і науковців Уряду Словацької Республіки, керованою SAIA – Словацькою академічною інформаційною агенцією. Грант №2016/2017: id17680.

Автор вдячний колегам з кафедри ґрунтознавства Чернівецького національного університету ім. Ю. Федьковича та Інституту географії Університету ім. П. Й. Шафарика в Кошицях (Словаччина) за корисні поради та критичні зауваження в ході виконання роботи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Achasov, A. B., Titenko, H. V., Kurilov, V. I., 2015. Dani dystantsiinoho zonduvannia yak osnova kartohrafuvannia gruntiv: ekonomichniy aspekt [Data of remote sensing as the basis of soil mapping: the economic aspect]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina. Seriya Ekolohiia (1104. Vyp. 10), 60–66 (in Ukrainian).
- Breiman, L., 2001. Random forests. Machine learning 45 (1), 5–32.
- Browning, D. M., Duniway, M. C., 2011. Digital soil mapping in the absence of field training data: A case study using terrain attributes and semiautomated soil signature derivation to distinguish ecological potential. Applied and Environmental Soil Science.
- Brungard, C. W., Boettinger, J. L., Duniway, M. C., Wills, S. A., Edwards, T. C., 2015. Machine learning for predicting soil classes in three semi-arid landscapes. Geoderma 239, 68–83.
- Bui, E. N., Moran, C. J., Jan. 2003. A strategy to fill gaps in soil survey over large spatial extents: an example from the murray-darling basin of Australia. Geoderma 111 (1), 21–44.
- Campling, P., Gobin, A., Feyen, J., 2002. Logistic modeling to spatially predict the probability of soil drainage classes. Soil Science Society of America Journal 66 (4), 1390–1401.
- Caten, A. t., Dalmolin, R. S. D., Pedron, F. d. A., Ruiz, L. F. C., Silva, C. A. d., 2013. An appropriate data set size for digital soil mapping in Erechim, Rio Grande do Sul, Brazil. Revista Brasileira de Ciência do Solo 37 (2), 359–366.
- Cherlinka, V. R., 2015. Adaptatsiia velykomasshtabnykh kart gruntiv do yikh praktychnoho vykorystannia u HIS [Adaptation of large-scale soil maps to their practical use in GIS.]. Ahrokhimiia i gruntoznavstvo. Mizhvidomchyi tematychnyi naukovi zbirnyk. Vyp. 84. Kharkiv, 20–28 (in Ukrainian).
- Cherlinka, V., Jan. 2017. Using Geostatistics, DEM and Remote Sensing to Clarify Soil Cover Maps of Ukraine. Dent, D., Dmytruk, Y. (Eds.), Soil Science Working for a Living: Applications of soil science to present-day problems. Springer-Verlag GmbH, Cham, Switzerland, Ch. 7, 89–100. URL https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-45417-7_7
- Cherlinka, V. R., Dmytruk, Yu. M., 2014. Problemy stvorennia, heorektyfikatsii ta vykorystannia krupnomasshtabnykh tsyfrovnykh modelei relievu [Problems of creation, georectification and use of large-scale digital elevation models]. Heopolytyka y ekoheodynamyka rehyonov 10 (1), 239–244. (in Ukrainian)
- Cutler, A., Cutler, D. R., Stevens, J. R., 2012. Random Forests. Springer US, Boston, MA, 157–175.
- Debella-Gilo, M., Etzelmüller, B., Apr. 2009. Spatial prediction of soil classes using digital terrain analysis and multinomial logistic regression modeling integrated in GIS: Examples from Vestfold County, Norway. Catena 77 (1), 8–18.
- Dobos, E., Hengl, T., 2009. Soil mapping applications. In: Hengl, T., Reuter, H. I. (Eds.), Geomorphometry: Concepts, Software, Applications. Vol. 33 of Developments in Soil Science. Elsevier, Amsterdam, Ch. 20, pp. 461–479.
- EasyTrace group, 2015. Easy Trace 7.99. Digitizing software. URL <http://www.easytrace.com>
- Feng, C., Michie, D., 1994. Machine learning of rules and trees. Machine learning, neural and statistical classification, 50–83.
- Florinsky, I. V., 2012. Digital Terrain Analysis in Soil Science and Geology. Academic Press / Elsevier, Amsterdam.
- Giasson, E., Figueiredo, S. R., Tornquist, C. G., Clarke, R. T., 2008. Digital soil mapping using logistic regression on terrain parameters for several ecological regions in Southern Brazil. In: Hartemink, E., McBratney, A. B., de Lourdes Mendonça-Santos, M. (Eds.), Digital Soil Mapping with Limited Data. Springer Netherlands, Amsterdam, Ch. 19, 225–232.
- GRASS Development Team, 2017. Geographic Resources Analysis Support System (GRASS GIS) Software. Version 7.2. URL <http://grass.osgeo.org>
- Grinand, C., Arrouays, D., Laroche, B., Martin, M. P., Jan. 2008. Extrapolating regional soil landscapes from an existing soil map: Sampling intensity, validation procedures, and integration of spatial context. Geoderma 143 (1), 180–190.
- Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J., 2009. The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction, 2nd Edition. Springer Series in Statistics. Springer, New York.
- Hengl, T., 2009. A practical guide to geostatistical mapping, 2nd Edition.

- University of Amsterdam, Amsterdam. URL <http://spatial-analyst.net/book/>
- Hengl, T., Rossiter, D. G., Stein, A., 2003. Soil sampling strategies for spatial prediction by correlation with auxiliary maps. *Soil Research* 41 (8), 1403–1422.
- Heung, B., Ho, H. C., Zhang, J., Knudby, A., Bulmer, C. E., Schmidt, M. G., 2016. An overview and comparison of machine-learning techniques for classification purposes in digital soil mapping. *Geoderma* 265, 62–77.
- Heung, B., Hodúl, M., Schmidt, M. G., 2017. Comparing the use of training data derived from legacy soil pits and soil survey polygons for mapping soil classes. *Geoderma* 290, 51–68.
- Kempen, B., Brus, D. J., Heuvelink, G. B. M., Stoorvogel, J. J., Jul. 2009. Updating the 1:50,000 Dutch soil map using legacy soil data: A multinomial logistic regression approach. *Geoderma* 151 (3), 311–326.
- Kuhn, M., 2008. Building Predictive Models in R Using the caret Package. *Journal of Statistical Software* 28 (5), 1–26.
- Kuhn, M., Johnson, K., 2013. *Applied Predictive Modeling*. Springer, New York.
- Laktyonova, T. N., Medvedev, V. V., Savchenko, K. V., Byhun, O. N., Sheiko, S. N., Nakysko, S. H., 2012. Baza dannykh «Svoistva pochv Ukrainy» (struktura y poriadok yspolzovaniya) [Database «Properties of soils of Ukraine» (structure and procedure of use)] 2nd Edition. Kharkov (in Russian).
- Lagacherie, P., Robbez-Masson, J. M., Nguyen-The, N., Barthès, J. P., Apr. 2001. Mapping of reference area representativity using a mathematical soilscape distance. *Geoderma* 101 (3-4), 105–118.
- Landis, J. R., Koch, G. G., Mar. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33 (1), 159–174. URL <http://www.jstor.org/stable/2529310>
- Li, W., Zhang, C., 2007. A Random-Path Markov Chain Algorithm for Simulating Categorical Soil Variables from Random Point Samples. *Soil Science Society of America Journal* 71 (3), 656–668.
- Liu, B., 2011. *Web Data Mining: Exploring Hyperlinks, Contents and Usage Data*, 2nd Edition. Springer-Verlag GmbH, London New York Dordrecht.
- MacMillan, R. A., 2008. Experiences with applied DSM: protocol, availability, quality and capacity building. Hartemink, A. E., McBratney, A. B., de Lourdes Mendonça-Santos, M. (Eds.), *Digital Soil Mapping with Limited Data*. Springer Netherlands, Amsterdam, pp. 113–135.
- Malone, B. P., Minasny, B., McBratney, A. B., 2016. *Using R for Digital Soil Mapping*. Progress in Soil Science. Springer International Publishing.
- McBratney, A. B., Santos, M. L. M., Minasny, B., Nov. 2003. On digital soil mapping. *Geoderma* 117 (1-2), 3–52.
- McKay, M. D., Beckman, R. J., Conover, W. J., 2000. A comparison of three methods for selecting values of input variables in the analysis of output from a computer code. *Technometrics* 42 (1), 55–61.
- Polchyna, S. M., Nikorych, V. A., Danchu, O. A., 2004. Zastosuvannya suchasnoi systemy klasyfikatsii gruntiv FAO/WRB do karty gruntovoho pokryvu Chernivetskoi oblasti [Application of the modern FAO / WRB soil classification system to the map of soil cover of Chernivtsi region]. *Gruntoznavstvo* 5 (1–2), 27–33 (in Ukrainian).
- Postanova Prezydii Natsionalnoi akademii ..., 2017. Orhanizatsiina struktura, poriadok formuvannia ta funktsionuvannia Gruntovo-informatsiinoho tsentru Ukrainy [Organizational structure, the procedure for the formation and functioning of the soil information center of Ukraine]. Postanova Prezydii Natsionalnoi akademii ahrarykh nauk Ukrainy. 20.09.2017 r. Protokol #13. URL http://issar.com.ua/downloads/postanova_v_id_20_veresnya_2017_protokol_no13_organizaciyna_struktura_poryadok_formuvannya_gic.pdf (in Ukrainian).
- QGIS Development Team, 2015. QGIS Geographic Information System. URL <http://qgis.osgeo.org>
- R Development Core Team, 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. URL <http://www.r-project.org>
- Ripley, B., Venables, W., 2016. R-package nnet: Feed-forward neural networks and multinomial log- linear models. v.7.3-12. URL <https://cran.r-project.org/package=nnet>
- Rousseva, S., Rozloga, Iu., Lungu, M., Vintila, R., Laktionova, T., 2015. Soil databases of Bulgaria, Moldova, Romania and Ukraine, and their participation in the European soil information continuum. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo*. (83), 5–17. URL http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrohimigrn_2015_83_3
- Scull, P., Franklin, J., Chadwick, O. A., McArthur, D., 2003. Predictive soil

- mapping: a review. *Progress in Physical Geography* 27 (2), 171–197.
- Steers, C. A., Hajek, B. F., 1979. Determination of map unit composition by a random selection of transects. *Soil Science Society of America Journal* 43 (1), 156–160.
- Venables, W. N., Ripley, B. D., Feb. 2002. *Modern Applied Statistics with S*, 4th Edition. Vol. 53 (1) of *Statistics and Computing*. Springer-Verlag, New York. URL <http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-21706-2>
- Walter, C., Lagacherie, P., Follain, S., 2006. Integrating pedological knowledge into digital soil mapping. In: Lagacherie, P., McBratney, A. B., Voltz, M. (Eds.), *Digital Soil Mapping: An Introductory Perspective*. Vol. 31 of *Developments in Soil Science*. Elsevier, Amsterdam, Ch. 22, 281–301.
- White, R. E., 2006. *Principles and practice of Soil science: the Soil as a natural resource*, 4th edition. John Wiley & Sons.
- Wright, R. L., Wilson, S. R., 1979. On the analysis of soil variability, with an example from Spain. *Geoderma* 22 (4), 297–313.

Стаття надійшла в редакцію 11.11.2017

REVIEWS



N. A. Bilova✉

Dr. Sci. (Biol.), Professor

*University of Customs and Finance,
str. V. Vernadsky, 2/4, Dnipro, Ukraine, 49044*

Bogovin A. V., Ptashnik M. M., Dudnik S. V. Restoration of productive, environmentally stable grass biogeocenoses on anthropo-transformed foodphotopes. – Kyiv: Center for Educational Literature, 2017. – 356 p.

Abstract. In the monograph under review on the basis of long fundamental research and critical analysis of materials of domestic and foreign scientists, the main regularities of the restoration of herbaceous phytocenoses on anthropotransformed lands are highlighted. The dynamics of the ecological and biological structure of the restorative plant communities with the starting seeding of cultural perennial mixtures in combination with the seeds of wild herbs and without them is shown. The functional features of the successions, the dynamics of productivity and indicators of the fodder value of phytocenoses are characterized, and the influence of agrotechnical measures on the rate of ecocenogenesis is covered.

The technique of integrated index estimation of fodder quality of plant cenoses was developed and proposed for wide use, based on the species composition of the latter and the integrated-index status of phytocomponents in cenoses. For a large number of species of flowering plants provided index floral-individualistic characteristics.

Key words: *productivity, stability, grass biogeocenosis, anthropo-transformed land.*

Н. А. Белова

д-р биол. наук, проф.

*Университет таможенного дела и финансов,
ул. В. Вернадского, 2/4, г. Днепр, Украина, 49044,
тел.: +38056-246-95-29, e-mail: bnaitap@i.ua*

Боговин А. В., Пташник М. М., Дудник С. В. Восстановление производительных, экологически устойчивых травянистых экосистем на антропотрансформованных едафотопях. – К.: Центр учебной литературы, 2017. – 356 с.

Аннотация. В рецензируемой монографии на основании длительных фундаментальных исследований и критического анализа материалов отечественных и зарубежных ученых освещены основные закономерности восстановления травянистых фитоценозов на антропотрансформированных землях. Показана динамика эколого-биологической структуры восстановительных растительных сообществ со стартовым подсев культурных многолетних смесей

✉ Tel.: +38056-246-95-29. E-mail: bnaitap@i.ua

DOI: 10.15421/031717

в сочетании с семенами дикорастущих трав и без них. Охарактеризованы функциональные особенности сукцессий, динамика производительности и показателей кормовой ценности фитоценозов, а также освещено влияние агротехнических мероприятий на темп экоценогенеза.

Разработана и предложена для широкого использования методика интегральной индексной оценки кормового качества растительных ценозов, основанная на видовом составе последних и интегрально-индексной статусе фитокомпонентов в ценозах. Для большого количества видов цветковых растений предоставлена индексная флористико-индивидуалистическая характеристика.

Ключевые слова: продуктивность, устойчивость, травяные биогеоценозы, антропотрансформированные земли.

Н. А. Білова

д-р біол. наук, проф.

*Університет митної справи і фінансів,
вул. В. Вернадського, 2/4, м. Дніпро, Україна, 49044,
тел.: +38056-246-95-29, e-mail: bnaitar@i.ua*

Боговін А. В., Пташнік М. М., Дудник С. В. Відновлення продуктивних, екологічно стійких трав'янистих біогеоценозів на антропотрансформованих едафотопях. – К.: Центр учбової літератури, 2017. – 356 с.

Анотація. У монографії, що рецензується, на підставі тривалих фундаментальних досліджень та критичного аналізу матеріалів вітчизняних та зарубіжних науковців висвітлені основні закономірності відновлення трав'янистих фітоценозів на антропотрансформованих землях. Показана динаміка еколого-біологічної структури відновлювальних рослинних угруповань зі стартовим підсіванням культурних багаторічних сумішей у поєднанні з насінням дикорослих трав та без них. Охарактеризовано функціональні особливості сукцесій, динаміку продуктивності й показників кормової цінності фітоценозів, а також висвітлено вплив агротехнічних заходів на темп екоценогенезу.

Розроблено та запропоновано для широкого використання методику інтегрального індексного оцінювання кормової якості рослинних ценозів, що базується на видовому складі останніх та інтегрально-індексному статусі фитокомпонентів у ценозах. Для великої кількості видів квіткових рослин надана індексна флористико-індивідуалістична характеристика.

Ключові слова: продуктивність, стійкість, трав'яні біогеоценози, антропотрансформовані землі.

Найвища у світі розораність земельних угідь України з охопленням навіть водоохоронних та ерозійно вразливих територій і малородючих ґрунтів, на яких вирощування інтенсивних сільськогосподарських культур часто є ґрунторуйнівним і нерентабельним, за недостатнього здійснення запобіжних заходів призвела до небувалого розвитку в країні водної та вітрової ерозії, фізичної та хімічної деградації ґрунтів, замулення малих річок та забруднення агресивними хімікатами водних ресурсів, а разом із забруднюючим впливом промисловості та міських поселень – до погіршення загального екологічного стану довкілля та його життєвого середовища. Усе це негативно впливає на здоров'я людей – стали частими випадки онкологічних, серцево-судинних та багатьох інших небезпечних захворювань і психічних розладів, а постійне погіршення стану едафотопів та перевищення допустимих порогів антропогенного навантаження на природні біотичні комплекси призводить до порушення еволюційно сформованих умов їх самовідновлення, збіднення їхньої видової структури, прискорення темпів безповоротного зникнення багатьох видів флори й фауни, а в кінцевому випадку – погіршення стану біорізноманіття як найціннішої властивості природи, її динамізму та форми існування життя як планетарного явища.

У контексті сказаного в системі аграрних проблем з оптимізації екологічного стану довкілля велике значення має, поряд із запровадженням енергозберігаючих

грунто- й природоохоронних технологій вирощування сільськогосподарських культур, поліпшення просторово-функціональної структури агроландшафтів як організованих макровиробничих систем шляхом збільшення в них частки стабілізуючих складових на базі вилучення з інтенсивного обробітку екологічно вразливих і малопродуктивних земель під ґрунтозахисні лісонасадження та постійні лукопасовищні угіддя.

У зв'язку з останнім надзвичайно великої актуальності набули питання фундаментального вивчення закономірностей формування та розробки ефективних способів прискореного відтворення постійних зонально адаптованих трав'янистих біогеоценозів та біоморфно гармонізованого їхнього фіторізноманіття з високою самовідновлювальною здатністю; створення широкої інформативної (довідникової) бази індексних параметрів біоморфної індикаторної виявленості видів та методологічних принципів і методичного апарату оперативного визначення еколого-біологічного та господарського стану природних і антропогенних трав'янистих біогеоценозів і ефективних способів оптимізації їх функціонування.

Опублікована відомими спеціалістами в галузі лукувництва, екології та біогеоценології А. В. Боговіним, М. М. Пташніком, С. В. Дудник монографія є прямою відповіддю на абсолютну більшість поставлених вище надзвичайно актуальних проблем, чим вносить вагомий внесок в отримання нових наукових знань і вирішення багатьох важливих прикладних технологій відтворення продуктивних і екологічно стійких трав'янистих біогеоценозів та істотне оздоровлення екологічного стану довкілля та його життєвого середовища.

Монографія складається із вступу, дев'яти розділів, висновків, словника термінів щодо змісту основних положень роботи, списку використаної літератури та додатків.

У вступі автори з'ясовують сучасне розуміння понять «біогеоценоз» і «екосистема» і справедливо наголошують на необхідності комплексного їх дослідження як цілісних систем, яке є найпродуктивнішим напрямом з'ясування внутрішньої структури будь-яких еколого-біологічних біокосних формувань і визначення ефективних напрямів управління їхньою видовою структурою та біорізноманіттям, фітогенеруючим їх потенціалом.

Одночасно у вступі ґрунтовно висвітлено сучасний стан синантропізації довкілля й життєвого середовища для біоти та людини, окреслено основні напрями їх оптимізації. Звернуто увагу на необхідність зміни поведінки сучасного суспільства в системі «людина-природа-економіка-життєве середовище» і передусім у використанні біологічних ресурсів природи шляхом переходу від традиційного однобічного виснажливого егоантропоцентричного до біосферно (системно) збалансованого, за якого забезпечується висока фітогенеруюча здатність екосистем при доброму збереженні рівноваги деструктивно-відновлювальних процесів та функціональної і структурної стабільності біоти й нормального біорізноманіття.

Розділ 1 присвячений характеристиці об'єктів, умов та методів проведення досліджень.

У розділі 2 на високому науково-теоретичному рівні з абстрактно узагальнюючим аналізом багатого експериментального матеріалу фундаментальних досліджень ґрунтовно висвітлено екогенетичні закономірності спонтанного відновлення постійних екологічно стійких трав'янистих біогеоценозів кормовиробничого й природоохоронного призначення з високою самовідновлювальною здатністю на вилучених з інтенсивного обробітку малопродуктивних орних землях у північній частині Лісостепу України.

Висвітлені в розділі наукові положення приваблюють своєю оригінальністю й високою переконливістю результатів довготривалих досліджень у моніторинговому стаціонарі, закладеному в 1987 р., та сучасними методологічними підходами при вивченні відновлювальних еколого-біологічних формувань як динамічних, таксономічно

й біоморфно складних фітоенергогенеруючих одиниць біосфери, які у відновлювальному циклі складаються із серії закономірно змінюваних стадій заростання, кожна з яких характеризується своєрідною еколого-біоморфичною та фітоценотичною структурою рослинних угруповань і особливим станом біорізноманіття. Будь-яка попередня стадія є підготовчим етапом і головною ресурсною базою становлення наступної, а кількісний і якісний (біоморфний) склад біологічного різноманіття є визначальним показником стану та енергетичного потенціалу динаміки біогеоценозів.

Вдале поєднання авторами при фундаментальному з'ясуванні природної сутності відновлювальних екосистем чи їх фрагментів багатьох традиційних фізіогномічних, флористичних, хімічних, мікробіологічних і багатьох інших методів аналізу та функціонально-групових з широким використанням біоморфного вивчення синузальної структури систем дозволило значно розширити уявлення про формативні процеси, що відбуваються в них, їхній еколого-біологічний та господарський стан, визначити ефективні стратегії їх оптимізації.

У розділі 3 ґрунтовно висвітлено різні способи прискорення формування господарсько цінних та зонально адаптованих трав'янистих фітобіотичних екосистем з повночленним біорізноманіттям на антропотрансформованих едафотопіях. Показано дію внесення мінеральних добрив, а також стартового висівання бобово-злакових і злакових травосумішей та підсівання насіння дикорослих видів трав місцевої флори як природних адаптогенів екогенетичних процесів на біоморфну та флористичну структуру систем і їхню господарську цінність. Розглянуто технологічні особливості заготівлі насіння дикорослих видів і підсівання його у виробничих умовах.

У розділі 4 наведено результати досліджень з вивчення рівня продуктивності трав'янистих біогеоценозів на вилучених з інтенсивного обробітку малопродуктивних орних землях, а в розділі 5 – показники хімічного складу й поживної цінності їхньої рослинної маси залежно від способів їх відтворення. Показано, що стартовий посів бобово-злакових сумішей без внесення азотних добрив, як і злакових на фоні $K_{90}P_{40}K_{70}$, уже з другого року забезпечує урожайність високоякісної рослинної маси на рівні 8–10 т/га сухої речовини з високим умістом у ній перетравного протеїну й кормових одиниць та майже повністю позбавляє сукцесійний ряд присутності чужорідної бур'янистої стадії. Додавання до сумішей насіння дикорослих автохтонних представників природної флори на початкових етапах відновлення рослинних угруповань мало впливає на їхні формативні та продуктивні властивості, але після природного зрідження сіяних багаторічних трав-культурантів як менш довговічних рослин, особливо бобових видів, дикорослі види швидко заповнюють звільнені ніші й позбавляють можливості вторинного спалаху у відновлювальному ценозі синузії бур'янів, тобто, за Л. Г. Раменським, представників експлерентної групи, та істотно (на 5–10 років) пришвидшують флорофітоценотичні процеси в напрямі формування максимально наближених за біоморфною структурою, функціональною гармонізованістю та станом біорізноманіття до природних зонально адаптованих трав'янистих комплексів.

Мінеральні добрива в 1,5–2 рази підвищують їхню продуктивність і збільшують у рослинній масі вміст хімічних елементів. Проте, підсилюючи в їхніх ценозах синузії вибагливих до поживних речовин рослин, призводять до помітного скорочення видового складу рослинних угруповань та гальмування в часі флорофітоценотичних процесів, оскільки останні, як показали результати авторів, залежать не стільки від поживного режиму едафотопів, скільки від інтенсивності надходження в ценозі життєздатних діаспор нових видів рослин.

Розділ 6 містить цінну інформацію з оцінки енергетичної й економічної ефективності різних способів відтворення трав'янистих біогеоценозів, передусім як кормовиробничих об'єктів.

У розділі 7 на підставі біоморфних показників видового складу фітоенергогенеруючих систем і передусім генетико-фізіологічних реакцій рослинних

представників на інтенсивність технологічного впливу та порушеність едафотопів еколого-біологічних систем (гемеробії видів) висвітлено оригінальні методологічні підходи та методичні рішення кількісного оцінювання ступеня деструкції зазначених систем, що в умовах глобальної сучасної синантропізації довкілля набуває надзвичайно великого теоретико-прикладного значення. Уперше запропонований авторами ґрунтовно розроблений в Україні, країнах колишнього Союзу та дальнього зарубіжжя зазначений вище методичний апарат оцінювання дозволяє не тільки оперативно кількісно визначити сучасний стан порушеності екосистем, тобто коефіцієнт їх деструкції, а й установити в кожному конкретному випадку допустимі пороги на них антропогенного навантаження та розробити ефективні заходи їх оптимізації.

Розділ 8 присвячений висвітленню та теоретичному обґрунтуванню для потреб лукивництва й геоботанічних обстежень природних систем нетрадиційного напрямку визначення кормової цінності трав'янистих фітоценозів як складних полібіоморфних формувань на базі їхнього видового складу та інтегрованого індексного кормового статусу їх компонентів. Цей напрям оцінювання кормової якості трав'янистих фітоценозів є надзвичайно перспективним і, безумовно, заслуговує широкого запровадження в наукову й виробничу практику, особливо в галузі лукивництва, яке має справу не лише із заздалегідь відомими за якістю сіяними травостоями, а й із природними рослинними угрупованнями, у складі яких часто можуть бути присутні види з антипоживними речовинами або з непривабливими смаковими якостями, які хімічними методами не визначаються. У такому випадку запропонований авторами метод є найбільш адекватним і надійним для оцінювання загальної кормової цінності таких фітоценозів.

Розділ 9 містить важливу за науковим і прикладним значенням інформацію з індивідуальної екобіоморфної та кормової індексної характеристики рослин трав'янистих біогеоценозів. У ньому з великим охопленням трав'янистих представників вищих рослин флори України (1123 види) і категорій прояву еволюційно закріплених їхніх індивідуалістичних властивостей в індексному вимірі (за габітуальними, морфо-фізіологічними, ценоморфічними ознаками, тривалістю життєвого циклу, відношенням до клімату, умов зволоження й родючості ґрунтів, ступеня порушеності едафотопів та їхньої синантропізації тощо) наведено в індексному вимірі біоморфні показники видів рослин.

Останні, будучи функцією тривалої пристосувальної адаптації видів до певних абіотичних умов і формативно-структурних станів природних біотичних комплексів, мають надійне індикаторне значення і тому складають надзвичайно важливу первинну наукову (й довідкову) базу даних, конче потрібну для успішного здійснення системних фундаментальних досліджень із широким залученням функціонально-групових методів аналізу складних внутрішніх процесуальних явищ існування природних і антропотрансформованих еколого-біологічних формувань як цілісних систем і розробки ефективних стратегій і методів поліпшення їх використання.

Доробки авторів, висвітленні в даному розділі монографії, без сумніву можна віднести до вагомих сучасних надбань у геоботанічній науці та в лукивництві.

У завершальній частині монографії наведено: 1) висновки, у яких у концентрованій формі викладено основні положення роботи; 2) словник термінів, метою якого є полегшення розуміння наведених у монографії понять; 3) список використаної літератури, що включає 192 використаних джерела.

До побажань можна віднести таке:

1. У монографії статусні – інтегровані індексні показники кормової цінності видів в основному відносяться до зеленої маси рослин з урахуванням потреб великої рогатої худоби. Проте відомо, що ці оцінювальні показники можуть до певної міри змінюватися відносно до вимог інших видів тварин (вівців, кіз, коней, верблюдів) та видів виготовлених з них кормів – сіна, сінажу, силосу тощо. Ураховуючи велику

практичну актуальність запропонованого методу визначення кормової цінності фітоценозів, хочеться побажати авторам при перевиданні монографії в майбутньому доповнити її індексними показниками кормової цінності видів з урахуванням різних видів тварин і виготовлених кормів.

2. Бажано було б також розширити індивідуалістичні індексні біоморфні показники видів за генетико-фізіологічними реакціями їх на рівень кислотності та засоленості ґрунтів, освітленість та температурні чинники тощо, що значно збільшило б масштаб і вектор застосування біоморфного аналізу еколого-біотичних систем.

3. Для пропаганди та широкого запровадження в практику наукових фундаментальних і прикладних досліджень біоморфних методів аналізу природних і антропогенних біокоосних систем бажано з доповненнями перевидати монографію з більшим накладом.

На завершення слід зауважити, що опублікована монографія А. В. Боговіна, М. М. Пташніка, С. В. Дудник «Відновлення продуктивних, екологічно стійких трав'янистих біогеоценозів на антропотрансформованих едафотопях» являє собою екологічно спрямовану цілісну, логічно побудовану фундаментальну наукову працю. Вона добре аргументована багатими за обсягом і змістом фактичними експериментальними даними та іншими цінними ілюстраційними матеріалами, отриманими особисто авторами, має суттєву новизну та велике прикладне значення, що вносить значний внесок у вирішення низки сучасних фундаментальних проблем з вивчення закономірностей відновлення й функціонування на вилучених з інтенсивного обробітку малопродуктивних орних землях продуктивних і екологічно стійких трав'янистих біогеоценозів як кормових і природоохоронних елементів агроландшафтів, розробку оцінювальних критеріїв стану та методів управління їхньою біоморфною структурою та продуктивністю.

Опублікована монографія є повчальною й, безумовно, корисною для широкого кола науковців, студентів сільськогосподарських і біологічних спеціальностей, особливо тих, що пов'язані з проблемами екології, луківництва, геоботаніки, ґрунтознавства та інших суміжних галузей наук, а також для багатьох спеціалістів виробничої та природоохоронної сфери діяльності.

Стаття надійшла в редакцію: 30.11.2017

REVIEWS



O. V. Severynovska 
S. V. Kyrychenko

Dr. Sci. (Biol.), Professor
Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.

*Oles Honchar Dnipro National University,
Gagarin av., 72, Dnipro, Ukraine, 49010*

«Biological and bioorganic chemistry». 2 Vol. Vol. 1 «Molecular organization of living matter. Metabolisms and bioenergetics». Vol. 2 «Biochemical aspects of molecular biology and intercellular communications» [textbook] / L. I. Ostapchenko, V. K. Rybalchenko. – Kyiv: Publishing House of «Kyiv University». Vol. 1, 2014. – 1044 p.; Vol. 2, 2015. – 918 p.

Abstract. The article reviews the textbook «Biological and Bioorganic Chemistry», intended for students of biological specialties. The textbook examines the main provisions of static and dynamic biochemistry – the science of the pathways and mechanisms of biochemical processes occurring in the cell. Not only the general characteristics of metabolic activity, but also sections related to the regulation of metabolism and the physiological functions of cells are presented. The mechanisms of global metabolic regulation, which are characteristic for all living organisms, are disclosed.

The textbook is intended for students of higher educational institutions receiving education in the areas of «Biology», «Ecology», «Chemical technology and biotechnology»; specialties «Biology», «Physiology», «Microbiology», «Biotechnology», «Molecular biology», «Bioecology». It is of interest for specialists, researchers, postgraduates and doctoral students who need basic biochemical preparation.

Key words: *metabolism, bioenergy, catabolism, anabolism, enzymes, apoptosis, carcinogenesis.*

Е. В. Севериновская д-р биол. наук, проф.
С. В. Кириченко канд. биол. наук, доц.

*Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара,
пр. Гагарина, 72, г. Днепр, Украина, 49010,
тел.: +38050-567-73-81, e-mail: eseverinovskaya@gmail.com*

**«Биологическая и биоорганическая химия: учебник». В 2 т.
Т. 1 «Молекулярная организация живого. Метаболизм и биоэнергетика».
Т. 2 «Биохимические основы молекулярной биологии, межклеточных
коммуникаций и регуляторных систем» / Л. И. Остапченко,
В. К. Рыбальченко. – К.: ВПЦ «Киевский университет».
Т. 1, 2014. – 1044 с.; Т. 2, 2015. – 918 с.**

Аннотация. В статье рецензируется учебник «Биологическая и биоорганическая химия», предназначенный для студентов биологических специальностей. В учебнике рассмотрены

 Tel.: +38050-567-73-81. E-mail: eseverinovskaya@gmail.com

DOI: 10.15421/031718

основные положения статической и динамической биохимии – науки о путях и механизмах биохимических процессов, протекающих в клетке. Представлены общая характеристика метаболической активности, а также процессов, связанных с регуляцией метаболизма и физиологических функций клеток. Раскрыты механизмы глобальной регуляции метаболизма, характерные для всех живых организмов.

Учебник предназначен для студентов высших учебных заведений, получающих образование по направлениям «Биология», «Экология», «Химическая технология и биотехнология»; специальностям «Биология», «Физиология», «Микробиология», «Биотехнология», «Молекулярная биология», «Биоэкология». Представляет интерес для специалистов, научных работников, аспирантов и докторантов, нуждающихся в фундаментальной биохимической подготовке.

Ключевые слова: метаболизм, биоэнергетика, катаболизм, анаболизм, ферменты, апоптоз, канцерогенез.

О. В. Севериновська д-р біол. наук, проф.
С. В. Кириченко канд. біол. наук, доц.

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
просп. Гагаріна, 72, м. Дніпро, Україна, 49010,
тел.: +38050-567-73-81, e-mail: eseverinovskaya@gmail.com*

«Біологічна та біоорганічна хімія: підручник». У 2 т.

Т. 1 «Молекулярна організація живого. Метаболізм та біоенергетика».

Т. 2 «Біохімічні основи молекулярної біології, міжклітинних комунікацій і регуляторних систем» / Л. І. Остапченко, В. К. Рибальченко. – К.: ВПЦ «Київський університет». Т. 1, 2014. – 1044 с.; Т. 2, 2015. – 918 с.

Анотація. У статті рецензується підручник «Біологічна та біоорганічна хімія», призначений для студентів біологічних спеціальностей. У підручнику розглянуто основні положення статичної та динамічної біохімії – науки про шляхи та механізми біохімічних процесів, що проходять у клітині. Подано загальну характеристику метаболічної активності, а також процесів, пов'язаних з регулюванням метаболізму і фізіологічних функцій клітин. Розкрито механізми глобальної регуляції метаболізму, характерні для всіх живих організмів.

Підручник призначений для студентів вищих навчальних закладів, які здобувають освіту за напрямками «Биология», «Экология», «Химическая технология и биотехнология»; специальностями «Биология», «Физиология», «Микробиология», «Биотехнология», «Молекулярная биология», «Биоэкология». Представляет интерес для фахівців, науковців, аспірантів та докторантів, які потребують фундаментальної біохімічної підготовки.

Ключові слова: метаболізм, енергетика, катаболізм, анаболізм, ферменти, апоптоз, канцерогенез.

Біологічна та біоорганічна хімія як розділи в системі біологічних знань мають суттєве значення в пізнанні сутності життя. Набуття знань про структуру і властивості хімічних сполук, що входять до складу живих організмів, про основні закономірності біохімічних процесів і механізми регуляції обміну речовин необхідне для формування сучасного біолога та вирішення ним важливих проблем у біології й медицині при роботі за фахом.

Разом із тим забезпечення вищих навчальних закладів україномовною навчально-методичною літературою, присвяченою молекулярним основам процесів життєдіяльності, які постійно доповнюються новими науковими відкриттями, вкрай недостатньо. У цій ситуації створення універсального підручника з дисципліни «Біологічна та біоорганічна хімія» для студентів біологічних факультетів є важливим і надзвичайно відповідальним завданням.

З вирішенням цього питання професійно впоралися автори підручника «Біологічна та біоорганічна хімія» доктори біологічних наук Остапченко Л. І. і Рибальченко В. К., які є визнаними у світі науковцями, фахівцями з вагогим науковим і педагогічним досвідом.

Підручник складено відповідно до нових навчальних програм з дисциплін «Біоорганічна хімія» та «Біологічна хімія» з урахуванням програм підготовки біологів та нових вимог до формування компетентностей студентів.

Підручник структуровано за класичною для цих дисциплін схемою, поділено на дві частини («Молекулярна організація живого» та «Біохімічні основи молекулярної біології, міжклітинних комунікацій і регуляторних систем»), містить ряд нових розділів, присвячених науковим досягненням останніх років, а також інформацію для фахівців окремих біологічних спеціальностей.

Кожний розділ підручника розпочинається з нарисів, присвячених історичному експерсу в проблематику розділу, що формує у студентів знання з історії біології, знайомство з видатними вченими-біологами.

Перший том книги «Біологічна та біоорганічна хімія» складається з двох частин: частина I «Молекулярна організація живого» та частина II «Метаболізм та енергетика».

Перша частина підручника «Молекулярна організація живого» розпочинається з розділу «Основи біоорганічної хімії», в якому наведено характеристики основних класів біологічних молекул. У наступних трьох розділах викладено необхідний, відповідно до вимог навчальної програми, обсяг інформації щодо основних законів статичної біохімії. Так, у першому розділі «Основи біоорганічної хімії» надається інформація про будову й реакційну здатність біоорганічних сполук, характеристика вуглеводів, білків, ліпідів, нуклеїнових кислот, води та макро- і мікроелементів. Розділ 2 «Клітини та ферменти» присвячений молекулярній будові клітини, молекулярній організації біологічних мембран, наводяться характеристики властивостей ферментів, їх основні класи, інформація щодо кінетики ферментативних реакцій. Частина розділу «Мембранна ензимологія» присвячена властивостям мембранних ферментів, в ній наведено приклади, які допомагають у розумінні характеристик окремих мембранних компонентів та механізмів мембранозв'язаних електротранспортних систем.

Інші підрозділи другої частини підручника присвячено процесам метаболізму та питанням енергетики в клітині. Увесь матеріал відповідає сучасному науковому рівню, вдало проілюстрований, належну увагу приділено особливостям клітинного метаболізму, процесу синтезу АТФ, гліколізу та біоенергетиці. Окремі нариси присвячені процесам анаболізму та катаболізму основних біомолекул.

Другий том підручника «Біохімічні основи молекулярної біології, міжклітинних комунікацій і регуляторних систем» розпочинається з розділу, який містить інформацію щодо нуклеїнових кислот як носіїв генетичної інформації. Розділ дає цілісну уяву про організацію генетичної інформації у живій клітині, особливості синтезу та принципи її реалізації. Доступно викладено принципи біохімічної генетики: стратегії генної експресії, механізми рекомбінації, клонування та генної інженерії. Розділ 6 присвячений механізмам апоптозу та канцерогенезу, де висвітлено молекулярно-генетичні та біохімічні механізми. Частина IV «Біохімія основних регуляторних систем» присвячена біохімічній характеристиці нервової та імунної систем, інформонам та вітамінам, біохімії крові та процесам травлення. В окремій частині підручника викладено медичні аспекти та перспективи прикладної біохімії. Наведено та проілюстровано прикладами дані про патології білкового, ліпідного, вуглеводного обмінів, патохімію нуклеїнових кислот.

Усі частини підручника вражають багатим ілюстративним матеріалом. Численні кольорові фотографії дають яскраву уяву щодо будови, структури та характеристик біомолекул, продумані схеми дозволяють чітко уявити механізми функціонування. Усі розділи підручника логічно пов'язані.

Методологічно цінним у підручнику є те, що кожен розділ завершується узагальненням, переліком контрольних питань та тестами. Позитивним є наявність у кінці підручника тестових запитань для самоконтролю та до іспитів, наведено

допоміжні таблиці для кращого засвоєння матеріалу, що, безперечно, впливає на якість засвоєння викладеного матеріалу. Полегшує користування підручником алфавітний покажчик.

На завершення зазначимо, що термінологічний апарат і основні визначення в підручнику цілком відповідають вимогам, що висуваються до навчальних видань. Підручник складено відповідно до навчальної програми з дисципліни «Біоорганічна хімія» та «Біохімія» та ухвалено рішенням Науково-методичної комісії Міністерства освіти і науки України. Структура, інформативність, повнота викладення матеріалу заслуговує високої оцінки. Підручник може бути використаний студентами, аспірантами біологічних та медичних факультетів вищих навчальних закладів IV рівня акредитації, фахівцями на етапах післядипломної підготовки, а також у практичній діяльності біологами різних спеціальностей за необхідності одержання сучасної інформації з питань біоорганічної та біологічної хімії.

Стаття надійшла в редакцію: 15.10.2017

REVIEWS



N. A. Bilova¹

Dr. Sci. (Biol.), Professor

V. I. Chornaya²✉

Dr. Sci. (Biol.), Professor

¹*University of Customs and Finance,
str. V. Vernadsky, 2/4, Dnipro, Ukraine, 49044*

²*Dnipro State Agrarian and Economic University,
str. S. Yefremov, 25, Dnipro, Ukraine, 49000*

**«Agrophytocenology: aspects of theory, methodology and related sciences»
[Monograph] / V. I. Shanda, E. O. Yevtushenko, N. V. Voroshilova,
Y. V. Malenko; Sciences Editor Y. I. Gritsan: Public Higher Education
Institution «Kryvyi Rih State Pedagogical University». – Kryvyi Rih:
Publisher Sole Proprietor Chernyavsky D.O., 2017. – 216 p.**

Abstract. The most characteristic features of the modern civilization stage are runaway growth, integration and further differentiation of knowledges, enhancement of the science role in society. Science is an important factor of global transformation and mankind progress. The existence and prosperity of society depends largely on the success of science which is developed rapidly, justifying correctness, objectivity, reliability, and appropriateness of decisions on long-term planning of economic, environmental, political and social activities. Neither reliable prediction of further long-term effects of our current actions nor correct definition of the immediate tasks of economic activity are possible without a thorough scientific analysis of the numerous challenges that affect the tasks of modern society.

Realities of the present state justify absolute needs for multilateral forecasting, modeling of multivariate objective patterns of mankind future, and certainly of science itself and its priorities. Works of scientists that include a monograph of V.I. Shanda, E.O. Yevtushenko, N.V. Voroshilova, Y.V. Malenko offer insights into better understanding and more accurate determination of status, ways and prospects of further science development in general and in level of its individual disciplines

The monograph highlights in retro- and perspective the nature, development, interdisciplinary connections, ontological, gnoseological and theoretical issues, concepts, differentiation of agrophytocenology as a science, represented the systemic vision, elementary and structural analysis of agrophytocenoses, their division and specificity, including chaos and behaviours related to formation of structure, composition and interactions.

Key words: *biogeocoenoses, agrophytocenoses, agrophytocenology, adaptive agriculture, plant growing.*

✉ Tel.: +38097-268-38-71. E-mail: v.ch.49a@gmail.com

DOI: 10.15421/031719

Н. А. Белова¹
В. И. Черная²

д-р биол. наук, проф.
д-р биол. наук, проф.

¹Университет таможенного дела и финансов,
ул. В. Вернадского, 2/4, г. Днепр, Украина, 49044

²Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет,
ул. С. Ефремова, 25, г. Днепр, Украина, 49000,
тел.: +38097-268-38-71, e-mail: v.ch.49a@gmail.com

**«Агрофитоценология: аспекты теории, методологии и смежных наук»
[монография] / В. И. Шанда, Э. А. Евтушенко, Н. В. Ворошилова,
Я. В. Маленко; науч. редактор Ю. И. Грицан: ГВУЗ «Криворожский
государственный педагогический университет». – Кривой Рог:
Издатель ФЛП Чернявский Д.О., 2017. – 216 с.**

Аннотация. Самая характерная черта современного этапа развития цивилизации – гигантский рост, интеграция и дальнейшая дифференциация знаний, повышение роли науки в жизни общества. Наука – важный фактор преобразования мира, прогресса человечества. Существование и процветание общества в значительной степени зависит от успехов науки, которая стремительно развивается, обосновывает правильность, объективность, надежность, целесообразность решений долговременного планирования экономических, экологических, политических, социальных мероприятий. Без всестороннего научного анализа многочисленных факторов, влияющих на решение задач, которые появляются перед современным обществом, невозможно ни надежное прогнозирование грядущих отдаленных последствий нынешних наших действий, ни правильное определение неотложных задач в хозяйственной деятельности.

Реалии сегодняшних дней констатируют абсолютную необходимость многостороннего прогнозирования, моделирования объективной картины будущего человечества и, безусловно, собственно науки и ее приоритетных направлений. Лучшему пониманию и более точному определению состояния, путей и перспектив дальнейшего развития науки в целом и ее отдельных дисциплин помогают труды ученых, к которым можно отнести монографию В. И. Шанды, Э. А. Евтушенко, Н. В. Ворошиловой, Я. В. Маленко.

В монографии в ретро- и перспективе освещены суть, развитие и междисциплинарные связи, онтологические, гносеологические и теоретические проблемы, концепции, дифференциация агрофитоценологии как науки, приведено системное видение, элементарно-структурный анализ агрофитоценозов, их специфика, включая хаос и закономерности формирования состава, строения, взаимодействий.

Ключевые слова: биогеоценозы, агрофитоценозы, агрофитоценология, адаптивное земледелие, растениеводство.

Н. А. Білова¹
В. І. Чорна²

д-р біол. наук, проф.
д-р біол. наук, проф.

¹Університет митної справи і фінансів,
вул. В. Вернадського, 2/4, м. Дніпро, Україна, 49044

²Дніпровський державний аграрно-економічний університет,
вул. С. Єфремова, 25, м. Дніпро, Україна, 49000
тел.: +38097-268-38-71, e-mail: v.ch.49a@gmail.com

**«Агрофітоценологія: аспекти теорії, методології та суміжних наук»
[монографія] / В. І. Шанда, Е. О. Євтушенко, Н. В. Ворошилова,
Я. В. Маленко; наук. редактор Ю. І. Грицан: ДВНЗ «Криворізький
державний педагогічний університет». – Кривий Ріг:
Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2017. – 216 с.**

Анотація. Найхарактерніша риса сучасного етапу розвитку цивілізації – гігантський ріст, інтеграція та подальша диференціація знань, підвищення ролі науки в житті суспільства. Наука – важливий фактор перетворення світу, прогресу людства. Існування та процвітання суспільства значною мірою залежить від успіхів науки, що стрімко розвивається, обґрунтовує правильність, об'єктивність, надійність, доцільність рішень довготривалого планування

економічних, екологічних, політичних, соціальних заходів. Без всебічного наукового аналізу численних факторів, що впливають на вирішення завдань, які постають перед сучасним суспільством, неможливе ні надійне прогнозування прийдешніх віддалених наслідків теперішніх наших дій, ні правильне визначення найближчих завдань у господарській діяльності.

Реалії сьогодення констатують абсолютну необхідність багатобічного прогнозування, моделювання багатовимірної об'єктивної картини майбутнього людства і, безумовно, власно науки та її пріоритетних напрямів. Кращому розумінню і точнішому визначенню стану, шляхів і перспектив подальшого розвитку науки загалом та її окремих дисциплін надзвичайно допомагають оглядові праці вчених, до яких можна віднести монографію В. І. Шанди, Е. О. Євтушенка, Н. В. Ворошилової, Я. В. Маленко.

У монографії в ретро- та перспективі висвітлені сутність, розвиток, міждисциплінарні зв'язки, онтологічні, гносеологічні та теоретичні проблеми, концепції, диференційованість агрофітоценології як науки, наведено системне бачення, елементарно-структурний аналіз агрофітоценозів, їх членування та специфіка, включаючи хаос і закономірності щодо формування складу, будови, взаємодій.

Ключові слова: біогеоценози, агрофітоценози, агрофітоценологія, адаптивне землеробство, рослинництво.

У 2017 році під редакцією доктора біологічних наук, професора Ю. І. Грицана вийшла у світ монографія В. І. Шанди, Е. О. Євтушенка, Н. В. Ворошилової, Я. В. Маленко, присвячена широкій проблематиці агрофітоценології. Ця книга є оригінальним твором, що за змістовністю та спрямованістю не має аналогів у вітчизняній науковій літературі та сприяє заповненню пробілів у теорії, методології, диференційованості, концептуальних засадах агрофітоценології.

Частина I «Агрофітоценологія як наука» присвячена аналітичному огляду агрофітоценологічних ідей, визначенню сутності та диференційованості агрофітоценології, функцій агрофітоценозів та особливостей і можливостей їх класифікації.

Автори логічно послідовно в ретроспективі зіставляють уявлення провідних учених про рослинні угруповання, що розвиваються на основі землеробської та рослинницької практики людини. Вони показують, що екологічно всі культурфітоценози й агрофітоценози виконують біокліматичні та продукційну функції переважно на рівні більш високому, ніж фітоценози природної рослинності, відповідно більш високої утилізації фотосинтетично активної радіації багатьма високопродуктивними сортами та гібридами. Енергетичні функції культурфітоценозів і агрофітоценозів реалізуються не лише в фотосинтезі, але й у трофічних ланцюгах і сітках, які вони забезпечують на основі автотрофних рослин. Культурфітоценози та агрофітоценози являють собою життєвий простір і резервати культурних та бур'янових (небажаних людині, які впроваджуються поза її волею) рослин, організмів дикої фауни, грибів і мікроорганізмів. У регуляції складання цих угруповань, складу, росту і розвитку організмів їх еволюція не лише керується людиною, але й реалізується спонтанно.

В агрофітоценозах відображаються гомеостатичні механізми ландшафту. Агрофітоценози являють собою арени взаємодії культурної та небажаної людині рослинності між собою і бур'янами. Вони є аренами мікроеволюційних явищ та просторами: 1) акумуляції сонячної енергії культурними і дикорослими рослинами; 2) зосередження та спеціалізації шкідників і патогенів культурних рослин.

На ґрунті переконання авторів, агрофітоценоз не завжди може ототожнюватися з сільськогосподарським полем, яке є скоріше господарсько-територіальною, ніж біологічною одиницею, що відображує екотопічну організованість землевикористання будь-якого господарства. Агрофітоценоз у будь-якій інтерпретації повинен відповідати одному агроекотопу як основі та його агробіоценозу.

Агроекотоп – це ділянка землі, що створюється і використовується для культивування сільськогосподарських рослин, яка характеризується однорідністю топо-, оро-, едафічних, гідрологічних та інших умов. Відповідно до цього в монографії прослідковується визнання еколого-флористичної класифікації агрофітоценозів і їхній поділ на індикаторні (за бур'яною рослинністю), ідеальні (без неї), реальні, у яких культурні рослини та бур'яни існують на фоні регулярної діяльності людини. Ідеальні, тобто чисті, позбавлені бур'янів, агрофітоценози можуть бути тільки тимчасовою фазою реальних. Їх існування в будь-якій ґрунтово-кліматичній зоні забезпечується постійним регулюючим впливом людини.

Відзначено можливість окреслення ознак і властивостей агрофітоценозів на основі їх функцій, особливостей і поза ними. Ознаками агрофітоценозу є фізіономічність, відчленованість від інших подібних або неподібних, специфічність, об'ємність, вертикальна та горизонтальна розчленованість, різнорівнева дискретність, багатоелементність, різноманітність елементів і компонентів та їх комбінування і композиції. Властивостями агрофітоценозів є організованість (усталеність складу, будови, зв'язків), організація (рухомість складу, будови, зв'язків), мультиспрямованість загального розвитку, поліфункціональність існування та взаємодії, інтегративність, а не сумативність реакцій, адаптивне реагування на всі впливи, зовнішнє та внутрішнє, загальне та хімічне середовиществорення, гомеостатичні прояви життєдіяльності та розвитку, агроценохорія, здатність поширюватися на сусідні угруповання.

У частині 2 викладено методологічний контекст агрофітоценології. У складових другій частини монографії розглянуто онтологічні, гносеологічні аспекти та рівні методології, методологія та агрофітоценологічна теорія, наукова картина світу в агрофітоценології.

Провідними настановами створення системи знань в агрофітоценології визначені: 1) відмова від догматизму; 2) формування історичних передумов; 3) визначення теоретичних напрямів і прикладних проблем; 4) класифікація та ординація агрофітоценозів; 5) пізнання взаємовідношень організмів; 6) дослідження динаміки та еволюції агрофітоценозів; 7) популяційний і біогеоценологічний підходи.

У числі основних концепцій агрофітоценології відмічені еволюційна, теорія екологічної ніші, сингенезу, адаптаціогенезу, які охоплюють практично все поле агрофітоценології з виходом у практику адаптивних землеробства, рослинництва, меліорації. На думку авторів, у теорії та методології агрофітоценології можна виділити такі концепції: системна, термодинамічна, біотехнологічна, стереометрична, біогеохімічна, адаптаціогенезна, еволюційна, агробіогеографічна, кібернетична тощо.

Як онтологічні проблеми названі: 1. Об'єктивна складність агрофітоценозів на основі невизначено великої множинності їх елементів. 2. Специфічність і неспецифічність впливів, реакцій і взаємодій елементів і компонентів. 3. Значні розбіжності в спектрах життєдіяльності та життєвості видів тощо. Гносеологічними проблемами визначені: 1. Обмеженість сучасних знань про організованість агрофітоценозів. 2. Відсутність закінчених теоретичних побудов. 3. Недостатність фактологічного матеріалу. 4. Актуальність використання принципів невизначеності, доповнювальності, формалізації, аналогії, екстраполяції у поясненні буття, динаміки, еволюції агрофітоценозів тощо.

У практиці агрофітоценології настанови проблемності, пізнавальності, обґрунтованості та системності знань є універсальними критеріями науковості, що фіксуються в теорії. Емпіричні дані в агрофітоценології на рівнях загальнонаукової і міждисциплінарної методології не усвідомлені та не обмірковані в достатній повноті, що, без сумніву, затримує її розвиток.

Наукова картина світу є однією з вищих форм систематизації знань і виступає як методологічний аналіз науки поряд з такими категоріями, як емпіричний факт і теорія, виконує евристичні функції. У розумінні авторів наукову картину світу в будь-якій спеціальній галузі знань можна уявити як складання в єдину композицію фрагментів, накладання шарів, які відображають сутність явищ, процесів і як суміщення контурів, які описують ці ж явища і процеси в різних ракурсах. Ця картина є інтегральною, її можна розглядати як багатошаровий, мозаїчний об'єкт, який включає ряд спеціальних окремих картин. Наукова картина світу в агрофітоценології відображає розуміння сучасного стану рослинного покриву орних, інших оброблюваних і використовуваних людиною земель, включаючи покращені пасовища, заплавні землі, схили, частини рекреаційних зон. У науковій картині світу агрофітоценології автори виділяють такі картини: 1) одношарова таксономічна, що описує видове різноманіття, співвідношення видів і родин рослинних організмів; 2) популяційна, у якій відображено популяційний склад видів, їх поліморфізм і роль в агрофітоценозі; 3) багатошарова екологічна, що окреслює екологічно диференційовані групи та життєві форми; 4) структурно-організаційна, котра дає обриси основних взаємодіючих частин і компонентів; 5) структурно-функціональна, що визначає взаємозв'язки та залежності агропопуляцій. Ці спеціальні картини можуть бути статичними та динамічними.

Автори відмічають, що зараз в теоретичному базисі агрофітоценології пізнання, матеріальність, діалектичність, стохастичність практично є очевидними, однак системність ще недостатньо обґрунтована. Проте системне розуміння агрофітоценозів являє одну зі складних проблем, що лежить у ряді методологічних фітоценологічних розробок і може бути виділена як окремий розділ не тільки методології, але й теорії агрофітоценології відповідно до загальнонаукової значущості системного підходу та встановлення міждисциплінарних зв'язків з культурбіогеоценологією, землеробством, рослинництвом, лісівництвом.

Частина 3 «Агрофітоценози як специфічні частини» містить аналіз таких проблемних питань: 3.1. Поняття «система» та «агрофітоценоз». 3.2. Системні особливості агрофітоценозів. 3.3. Проблема хаосу в агрофітоценології. 3.4. Системотвірні фактори агрофітоценозів.

Системне пізнання агрофітоценозів, з одного боку, входить в число онтологічних проблем фундаментальних суперечностей між людиною і природою, а з іншого боку, ґносеологічно пов'язане з поглибленням пізнання взаємодії людини та природи, стосується широкого кола етико-етичних проблем – моральної та естетичної переоцінки відношення до природного середовища, формування екологічної свідомості, екологічної етики.

Автори підкреслюють, що розвиток системної парадигми в агрофітоценології пов'язаний з методологією системного підходу в біогеоценології та фітоценології, розробкою і реалізацією ряду проблем моделювання фітоценотичних процесів, широкими системними дослідженнями структури та динаміки біогеоценозів.

Подільність елементів агрофітоценозу (як і будь-якого фітоценозу) є однією з об'єктивних реальностей, що специфічно характеризують його як систему. Другою такою реальністю є біологічна індивідуальність, котра властива всім живим організмам, у тому числі й рослинам. Множинність елементів, як найбільш суттєва та важлива ознака, що характеризує будь-яку систему, визначає реальне існування, функціонування та розвиток агрофітоценозів, які мають у своєму складі бур'янові, культурні рослини та являють собою складні множини взаємодіючих елементів, рослинних індивідів, тобто системи. У більшості випадків агрофітоценозам властиві ознаки, що характеризують внутрішню будову системи (множина, елемент, властивість, зв'язок, канали зв'язку, взаємодія, цілісність, підсистема, організованість, структура, провідна частина системи, ієрархічна будова). В агрофітоценозах організованість забезпечується зв'язками різноманітних функцій рослин,

впорядкованість інтерпретується багатопланово і визначається: 1) способом посіву чи посадки культурних рослин; 2) особливостями розміщення бур'янів, пов'язаними з агроєкотопом і регулюючим впливом людини; 3) характеристиками росту та розвитку рослин усіх агропопуляцій, включаючи культурні рослини.

Агрофітоценози різних класів можуть бути віднесені до різних систем. Так, індикаторні агрофітоценози є динамічно стійкими системами, а ідеальні та реальні – динамічно нестійкими системами за рахунок зміни складу та стану культурних рослин у часові. Агрофітоценозам притаманна інтегральна складність, що включає велику кількість окремих характеристик складності.

Розглядаючи агрофітоценоз як систему, у плані поглиблення пізнання його специфічності, автори звертаються до проблеми хаосу. Хаос як особливий тимчасовий стан агрофітоценозу, як специфічна система, перешкоди, шум проявляється в посівах у вигляді небажаних, таких, що заважають людині, підсистем бур'янів. Ідеальні та реальні агрофітоценози за відсутності контролю людини, за рахунок само- і зовнішньогенеративних явищ розвиваються в заростеві хаотичні угруповання, що являють собою індикаторні агрофітоценози. У реальних агрофітоценозах відтворення індикаторних може набувати особливої форми лінійної або смуговидної в міжряддях. Взагалі хаос є параметром просторово-часового прояву індикаторного агрофітоценозу на різних етапах розвитку реального.

Системоутворення агрофітоценозів автори характеризують як складний процес, котрий може бути пов'язаний з багатьма причинами і факторами. Реальні агрофітоценози, у переважній більшості, як специфічні біологічні системи характеризуються тим, що: 1) елементи, їхні складові, що знаходяться в недіяльному стані, у багато разів перевищують число тих, які активні; 2) елементи (окремі рослини) і частини системи (агропопуляції, екотипи), життєві форми розвиваються – вегетують; 3) має місце постійне прибування нових елементів за рахунок занесення бур'янів (анемо-, зоо-, антропохорія); 4) один-два рази в теплий період чи періодично людина впроваджує культурні рослини; 5) забезпечення росту і розвитку культурних рослин призводить до постійних впливів на агроєкотоп – середовище агрофітоценозу, тобто стан системи підпадає антропогенним впливам; 6) елементи, частини агрофітоценозу, як системи, не гомогенні, а індивідуальні, гетерогенні, нерівні; 7) більшість елементів може збільшуватися в своїй чисельності; 8) велика кількість елементів розміщена рівномірно; 9) постійний перехід у активну фазу бур'янових рослин впливає на будову та структуру, що склалися; 10) елементи агрофітоценозу не лише гетерогенні, але й нерівномірно розвиваються; 11) в агрофітоценозах накопичення біомаси нерівномірне в просторі та в часі; 12) біомаса, гетерогенність і різноякісність не відображають чисельних співвідношень елементів; 13) елементи гетерогенні не лише кількісно: у моделях і в системних дослідженнях велика увага приділяється числу, але не вазі елементів.

Частина 4 присвячена теоретичному контексту структури агрофітоценозів. Авторі наголошують, що визначення структури як способу або закону зв'язку елементів є звуженим, таким, що збігається з поняттям відношення або зв'язку. У будь-якому об'єкті слід виділити три головних моменти – частина, відношення та ціле. У дослідженнях структури об'єкта, у відповідності з цим, можна вичленувати три головних аспекти категорії структури – аспект елементів, аспект зв'язків і аспект цілісності. Властивості елементів визначають закономірності структури досліджуваної системи – аспект елементів, аспект зв'язків і аспект цілісності. Властивості елементів визначають закономірності структури досліджуваної системи – їхні відносини складають структурні зв'язки системи.

Структура, як об'єктивна властивість матерії, проявляється у всезагальних зв'язках і відносинах матеріального світу. Вона є принципом, засобом, законом зв'язку елементів цілого, системою відносин елементів у рамках даного цілого. Визначаючи агрофітоценози і культурфітоценози як особливі системи, автори

відмічають, що сукупність зв'язків і відносин елементів та компонентів кожного агрофітоценозу можуть бути визначені в якості його структури.

Автори підкреслюють, що в теорії агрофітоценозу практично не розвинена проблема структури латентної, прихованої в ґрунті, підсистеми, що за чисельністю в десятки й сотні разів перевищує реалізовану бур'янами підсистему. У теоретичному плані агрофітоценоз можна розглядати як поліструктурне утворення, на основі багат шаровості структури, що визначається типами чи формами різних зв'язків.

У монографії вказано на доцільність екстраполяції уявлень про мережисту структуру угруповань живих організмів не тільки на біогеоценози, а й на агрофітоценози. Кожен агрофітоценоз і агробіогеоценоз є, по своїй суті, мережею біогенної міграції хімічних елементів, моделлю якої є рух радіонуклідів у системі ґрунт–рослина–ґрунт. Мережисту структуру агрофітоценозу слід уявляти так, як і його простір, у якості об'ємного, багат шарового, мозаїчного утворення з безліччю різноманітних зв'язків за своєю значущістю, каналізованістю, спрямованістю.

В агрофітоценозах співвідношення цілісності та сумативності, впорядкованості та невпорядкованості рухомі на фоні агроекологічних умов і часу вегетації. У реальних та індикаторних агрофітоценозах, на основі інвазії бур'янів, стан певної організованості завжди поєднується з дезорганізованістю за рахунок імовірнісних процесів розвитку бур'янів як небажаної людині рослинності. Організованість агрофітоценозів – це явище впорядкованості елементів і частин, а організація – процес формування структури в її русі до впорядкованості.

У частині 5 монографії «Агро: фітоценологія та екологія» визначено багат аспектність агроекології, проаналізовано агроекологію та екологічне ґрунтознавство, агроекологію та теорію сівозмін. Обґрунтовуючи багат аспектність агроекології, автори наводять тлумачення цього розділу загальної екології, що є теоретичною та експериментальною основою землеробства та рослинництва в усіх їхніх складових і напрямках, основою адаптивної діяльності людини в агроландшафтах та органічно пов'язаною з ґрунтознавством. Визначено підходи до диференціації агроекології та її проблеми.

Екологічне ґрунтознавство спряжене з агрономічним за своєю змістовністю, оскільки в ньому розвиваються факторіально залежні від технологій землеробства та рослинництва екологічні явища та процеси.

В умовах різноротаційних сівозмін, особливо коротких, «зняття» негативного ефекту певного виду може досягатися їхньою інтенсифікацією або збільшенням (особливо вдвічі) біорізноманіття сівозмін шляхом введення додаткових попередників у вигляді проміжних посівів і пожнивних посівів. Як проміжні, так і пожнивні посіви дозволяють поглибити уявлення про індикаторні та реальні агрофітоценози. В основу їх впровадження мають бути покладені ідеї природного землеробства та мінімального обробітку ґрунту, збереження пропасних культур і культур суцільного сіву. В експериментальній розробці проблеми доцільно: 1) установити агроекологічну роль проміжних та пожнивних посівів; 2) визначити значущість проміжних та пожнивних посівів у забезпеченні сівозмін органічною речовиною шляхом їхнього використання на зелене добриво.

Частина 6 «Еколого-еволюційні аспекти землеробства та рослинництва». Підкреслюється необхідність всебічного обґрунтування землеробства та рослинництва в історичній ретроспективі, у сучасний період і в осяжному майбутньому. У глобальному масштабі землеробство та рослинництво, як особливі взаємодії людини та природи, були і залишаються вихідними та потужними проявами культурної, біогеохімічної роботи людини. Автори вказують, що вихідною основою введення в культуру слугувала широка антропофільність рослин і відповідні потреби людини. М. І. Вавілов на основі екологічних принципів походження культурних рослин створив учення про центри їхнього походження. Антропофілія розглядається як імовірний шлях походження культурних рослин у центрах, що

визначив М. І. Вавілов. Автори виділяють особливу форму природного відбору – спонтанний відбір в антропогенному середовищі на основі мікроеволюційних явищ, процесів. Спрямованість цього відбору – стійкість в антропогенному середовищі.

У монографії наведено визначення антропотолерантності як особливої форми антропоморфного симбіозу, надано приклади видів рослин різного рівня толерантності, що еволюційно сформувалися в агрофітоценозах, у яких діє особлива форма антропоморфного відбору. Від давніх часів у географії культурних рослин сутнісно важливими були культурно-історичні, етнографічні фактори, ізоляція культурно-етичних груп людини. Сучасні землеробство та рослинництво розвиваються в напрямку їхньої екологізації, що є одним із шляхів реалізації всіх потенційних можливостей ґрунтів, рослин і цілеспрямованих зусиль людини.

Частина 7 «Адаптивні землеробство, рослинництво та теорія екологічної ніші» містить погляди авторів монографії щодо ідеї адаптаціогенезу в теорії землеробства та рослинництва, екологічних ніш культурних рослин і рослинних угруповань сільськогосподарського ландшафту, біогеоценологічного підходу, теорій адаптаціогенезу та екологічної ніші в обґрунтуванні землеробства та рослинництва.

Відзначена істотна важливість основних положень теорії адаптації біологічних систем для поглиблення теорії та екологічних принципів сучасних технологій вирощування культурних рослин, перетворення та охорони ландшафтів з метою раціонального природокористування. Визначена потреба подальшого опрацювання уявлень про адаптацію в методології адаптивних землеробства та рослинництва в плані теорій відображення та систем з виділенням двох шляхів адаптаційних програм – апостеріорного та апіорного, котрі повинні інтегруватися при обґрунтуванні та реалізації спеціальних технологій. На думку авторів, адаптивне землеробство та рослинництво можуть бути витлумачені дуже широко: адаптивність заходів можна відносити до дискретних одиниць або різних сукупностей (сполучень) таких об'єктів, як рослина, ґрунт, рослинний покрив, ґрунтовий покрив, культурбіогеоценоз, агробіогеоценоз, агрофітоценоз, ділянка ландшафту, біосфера, людство, планета.

Теорія екологічної ніші є однією з фундаментальних основ адаптивного землеробства та рослинництва. Наведений деталізований аналіз формування уявлень про екологічну нішу вказує на ігнорування в теорії та практиці досліджень такого значущого, об'єктивно існуючого в біосфері протягом багатьох тисячоліть фактора, як вплив людини. Екологічні ніші культурбіогеоценозів і агрофітоценозів включають абіотичні, біотичні, біогенні та антропогенні фактори, спільна дія яких дає новий якісний, інтеграційний ефект. Автори виділяють закономірності екологічної ніші агробіогеоценозів. Вони вказують, що теорія екологічної ніші узгоджується з проблемами регуляції родючості ґрунтів, практичної побудови сівозмін, технологіями рослинництва.

Адаптивність землеробства та рослинництва розуміється не тільки як жорсткі пристосувальні регуляційні заходи культури, що забезпечують отримання програмованих кількості та якості продукції, але й як використання адаптаційних особливостей, гомеостатичних та гомеорезних процесів в агробіогеоценозах і сільськогосподарському ландшафті.

Загалом монографія відзначається поглибленою теоретичною деталізацією, методологічною обґрунтованістю, застосуванням підходів загальнонаукової методології, багатоаспектністю. Монографія активізує широке екологічне мислення, спрямовує подальші пошукові екологічні дослідження та, безумовно, суттєво відрізняється від інших наукових праць, що висвітлюють окремі питання проблематики агрофітоценології. Вона буде сприяти подальшому розвитку науки і стане корисною широкому колу біологів, екологів, природоохоронців, освітян.

Стаття надійшла в редакцію: 15.05.2017

TO AUTHORS' ATTENTION !

When preparing the article for sending to the editorial board, stick to the following rules:

1. Send at the address of the editorial board two printed copies of the article, at the e-mail address – electronic version.

The article should be checked carefully, signed by all authors and attended with written reference, signed by Doctor of Sciences of appropriate specialization and expert conclusion about the possibility of open publication of the article.

The size of the article is 10 pages of typescript at the most (one page in the journal format contains about 4500 signs, including the spaces).

The size of the illustrations and tables should be 30 % of the article size at the most.

All text materials should be given in 1,5 intervals. From each edge of the page 2 cm. Shrift – Times New Roman 12 points, indention – 0,8 cm.

When setting the type it is necessary to distinguish between hyphen and dash and to use double angle brackets.

It is obligatory to set a space between initials and a surname. Text materials should be made in the text editor MS Word 2003, 2007, as a document Word (*.doc).

Mathematical formulae and equations should be made in equation editor Microsoft Equation, chemical – in the editor ISIS Draw.

3. Use the units of International Measurement System.

4. The structure of the article:

- UDC index in the upper left corner of the page;
- initials and surnames of all authors (preferably not more than 4 persons), indicating the scientific degree and the academic status of each author;
- the full name and the address of the organization in which the research was conducted (in Ukrainian, Russian and English), e-mail address, telephone number for hot link with the author;
- the title of the article in Ukrainian, Russian and English, which briefly informs about the substance of it and content 13 words at the most;
- the annotation is expanded in English (600–700 words), it should contain the information about the aim, methods, data, scientific novelty, practical importance, key words (6–8 words); the annotation is reduced in Ukrainian and Russian, where the results, main conclusions and key words (6–8 words) are given;
- the body text of the article should content the following parts: Introduction; Data and methods of the research; Results and their discussion; Conclusions; References.

Tables should be numerated according to their mentioning in the text. Give a brief title at the top of each table. Statistical and other detailed information is given as a note below. Table data should be made in the table editor MS Word 2003, 2007.

Number illustrations according to their discussion in the text. Point at the foot of the illustration its title. The illustrations in the article should have the separate electronic copy. Diagrams and graphic charts should be made in Microsoft Excel, Statistica program packages, schemes – in Visio program package. Save them in the format of these programs as separate files (e.g., petrov_ris1).

The best file formats for scanning the images are TIFF, JPEG, EMF. All elements of text in the images (graphic charts, diagrams, schemes) if it is possible should have a font Times New Roman or Times New Roman Cyr (in a particular instance Courier). Keep each image in a separate object. The images after scanning when printing should be clear, as well as original one.

- gratitude as appropriate is given in the end of the article before the list of references;
- list of used literature. References to the literature should be given in the semicircular brackets with the name of quoted author (or the title of the source if there are more than three authors) and the publication date. In the list of references every Ukrainian-language and Russian-language source should be given through the transliteration in English letters indicating the English translation in square brackets, as well as in semicircular brackets – the original source of language;
- who (from editorial board) recommends the article for publication.

5. Separately the electronic data about the authors which content the information about the surname, name and middle name in full, academic degree, academic rank, workplace (full and

6. 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.

Sent materials are not returned back. The editorial board preserves a right to correct and abridge the text or send the script back for revision in the case of nonobservance of the above rules.

Authors take the responsibility for the content of the materials.

ДО УВАГИ АВТОРІВ !

При оформленні статті до надсилання в редакцію просимо дотримуватися таких правил:

1. Надіслати на адресу редакційної колегії два роздрукованих екземпляри статті, на електронну адресу – електронну версію.

Стаття має бути ретельно перевірена, підписана всіма авторами і супроводжуватися письмовою рекомендацією, підписаною доктором наук відповідного профілю та експертним висновком про можливість відкритої публікації поданої статті.

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 2003, 2007 як документ Word (*.doc). Математичні формули і рівняння готуйте в редакторі рівнянь Microsoft Equation, а хімічні – у редакторі ISIS Draw.

3. Використовуйте одиниці Міжнародної системи вимірювань.

4. Структура статті:

- індекс УДК у верхньому лівому куті сторінки;
- ініціали та прізвища усіх авторів (бажано не більше 4 особи), із зазначенням вченого ступеня та звання кожного автора;
- повна назва і адреса організації, у якій виконувалися дослідження, подати українською, російською та англійською мовами, а також указати *e-mail*, телефон для оперативного зв'язку з автором;
- назва статті українською, російською та англійською мовами, яка повинна коротко інформувати про її зміст і містити не більше 13 слів;
- анотація: розширена – англійською мовою (600–700 слів), повинна містити інформацію про мету, методику, результати, наукову новизну, практичну значимість, ключові слова (6–8 слів); скорочені – українською та російською мовами, в яких коротко описують результати, головні висновки проведених досліджень, ключові слова (6–8 слів);
- основний текст статті повинен містити такі розділи: Вступ; Матеріали та методи досліджень; Результати та їх обговорення; Висновки; Список використаної літератури.

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 2003, 2007.

Рисунки нумерують у порядку їх обговорення в тексті. Унизу рисунка указати його назву. Рисунки до статті повинні мати окрему копію в електронному вигляді. Діаграми та графіки слід виконувати у пакетах Excel, Statistica, схеми – у пакеті Visio 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 Суг (в окремих випадках Courier). Кожне зображення зберігайте в окремому об'єкті. Зображення після сканування при роздрукуванні повинно бути чітким, не гіршим за чіткість основного тексту.

- подяки при необхідності подаються наприкінці статті перед списком використаної літератури;

- список використаної літератури. 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. У списку використаних джерел кожне україномовне чи російськомовне джерело слід подавати транслітерацією англійськими літерами із зазначенням у квадратних дужках перекладу англійською мовою, а також у напівкруглих дужках – оригінальну мову джерела;

- ким з членів редакційної колегії рекомендовано статтю до публікації.

5. Окремо подаються відомості про авторів в електронному вигляді, які містять інформацію про прізвище, ім'я та по батькові повністю, науковий ступінь, вчене звання, місце роботи (повна та скорочена назва організації), посада, місто, країна, контактні телефони та електронна пошта) українською, російською та англійською мовами.

6. 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.

Науковий журнал

ЕКОЛОГІЯ ТА НООСФЕРОЛОГІЯ
2017. Т. 28, № 3–4

Українською, російською та англійською мовами

Засновники:

ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім. О. ГОНЧАРА,
ТОВ «АГЕНТСТВО «ТЕЛЕПРЕСІНФОРМ»

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 21139-10939 ПР від 19.01.15 р.

Літературне редагування та коректура – В. М. Пластун
Художньо-технічне оформлення та комп'ютерна верстка – В. А. Горбань

Підписано до друку 15.12.2017 р. Формат 70×108 1/16. Папір офсетний.
Друк плоский. Гарнітура Times New Roman. Умовн. друк. арк. 10.
Замовлення № . Тираж 100 прим.
