

УДК 504.064.3:550.4:581.0:634.0

В.Б. Логгінов, д.б.н., проф.
Житомирський державний технологічний університет

КОНЦЕПЦІЯ БІОГЕОЦЕНОТИЧНИХ ГЕОХІМІЧНИХ БАР'ЄРІВ

У статті розглянута екологічна роль геохімічних бар'єрів та роль лісів в їх формуванні. На основі аналізу бар'єрного значення лісових екосистем запропонована концепція біогеоценотичних бар'єрів і проаналізована роль антропогенних лісових екосистем як способу біоконверсії забруднення навколишнього середовища.

Вступ. Однією з головних проблем техногенезу є захист навколишнього середовища (НС) від дії забруднюючих речовин (ЗР), що утворюються внаслідок виробничої діяльності людини. Основний шлях вирішення цієї проблеми – вдосконалення організації та технології виробництва: обмеження обсягів природних ресурсів, що залучаються до виробництва, запровадження “безвідходних” технологій, вдосконалення фільтрів тощо. Але через дію закону розвитку системи за рахунок навколишнього середовища та принципу природності [1] технологічні заходи не в змозі повною мірою захистити ландшафти, у яких мешкають люди, від шкідливої дії забруднювачів. Більш того, у відповідності до принципу природності природні (“м'які”) форми керування визначаються більш ефективними, ніж технічні (“жорсткі”) форми. Тому важливим аспектом керування якістю НС є використання природних структур, що здатні до поглинання мігруючих полутантів їх розбавленням, частковою детоксикацією та розосередженням у часі та просторі. Ці міркування спонукають нас до пошуку природних або квазіприродних механізмів, що здатні якщо і не замінити технічні заходи щодо оздоровлення НС, то хоча б суттєво доповнити їх. Вважатимемо, що пошук таких механізмів може йти, зокрема, на основі теорії геохімічних бар'єрів (ГХБ) [2]. У відповідності до цієї теорії у природі існують ділянки, “у яких на короткій відстані відбувається різке зменшення інтенсивності міграції хімічних елементів та ... їх концентрація” [3, стор. 42].

Виходячи із цього, ми пропонуємо гіпотетичний аналіз можливості та необхідності використання як ГХБ на шляху міграції техногенних ЗР біогеоценозів (БГЦ) – біокосних утворень, що являють собою взаємодіючу сукупність угруповань живих організмів та середовища (екосистему) у межах певних фітоценозів [4, 5 та ін.]. Висунення такої концепції як різновиду “імовірного” знання визначається необхідністю узагальнення накопичених знань, що здатне принести користь як крок до їх роз'яснення [6, 7 та ін.]. Концепція, що пропонується, спирається як на наші власні дослідження [8, 9 та ін.] та літературні джерела [10, 11 та ін.], так і на результати “уявних експериментів” [12, 13 та ін.].

Концепція про особливе значення лісових БГЦ як ГХБ в умовах техногенного антропопресинга на НС базується на сукупності наступних відомих обставин [1, 2, 3 та ін.]:

- БГЦ, як і інші системи, у своїй системній сукупності володіють дещо іншими якостями, ніж окремі елементи, що складають ці сукупності (фітоценоз, педосфера, гідросфера та інші);
- БГЦ, як і іншим біокосним системам, притаманне поєднання механічної, фізико-хімічної та біогенної міграції хімічних елементів;
- з чотирьох типів біологічного кругообігу елементів у ландшафті (лісовий, степовий, тундровий та примітивно-пустельний) лісовий тип кругообігу характеризується більшою ємністю та більшою швидкістю кругообігу.

Типи БГЦ, також як і ландшафти, до яких вони належать, різноманітні та своєрідні. Як приклад ми розглянемо лісові БГЦ в умовах Дністровсько-Дніпровської лісостепової фізико-географічної провінції (Правобережний лісостеп – ПЛС). Ландшафт ПЛС, що розташований у центральній частині України, це – антропогенний комплексний (агро-лісопромисловий) ландшафт, якому притаманні деякі риси інших природно-територіальних комплексів нашої країни.

Викладення основного матеріалу

1. *Коротка характеристика лісового біогеоценозу.* Лісовий БГЦ можна розглядати як елементарний ранг екосистеми [5 та ін.] – як лісова екосистема фаціального рівня [14]. Така екосистема містить у собі низку підсистем, головними із яких є фітоценоз, педосфера, атмосфера, гідросфера, літосфера, зооценоз. Дуже важливими складовими цієї системи є дендроценоз (як провідний елемент фітоценозу) та комплекс ґрунтових мікроорганізмів (як елемент педосфери) [4, 14 та ін.].

У ПЛС практично усі екосистеми (у тому числі лісові) є антропогенними, тобто можуть бути віднесені до класу систем “людина-природа”. Просторовими межами антропогенних лісових екосистем (АЛЕ) є: у горизонтальній площині – межі таксаційного виділу (проекційні межі фації); по вертикалі – від приземного шару атмосфери до верхнього горизонту літосфери включно. Часові межі визначаються періодом функціонування домінуючих складових фітоценозу. У наш час у нашому регіоні це – часові межі циклу: садіння лісу – лісовирощування – рубка головного користування – садіння.

АЛЕ – біцентрична система, що має два керуючих блока – дендроценоз та педосферу. Основними елементами інформаційних програм, у відповідності до яких здійснюється функціонування цієї системи, є генотип дендроценозу [15, 16] та генотип ґрунту. Людина відіграє роль оператора АЛЕ, що визначає первісну інформаційну (генетичну) програму (“оператор-фундатор”) та коректує цю програму у процесі функціонування системи (“оператор-кондуктор”) [17].

Природна система із свідомою участю людини є більш гнучкою, а через це і більш результативною, ніж “виключно природна” система. Природна система регулюється через зворотний зв’язок постфактум – після виходу параметрів цієї системи за межі зони критеріального оптимуму. Таке може трапитись навіть у тому випадку, якщо порушення має разовий (випадковий) характер й регулювання втратило актуальність. Наприклад, зледеніння у четвертинному періоді призвели до незворотної елімінації менш стійких, але більш продуктивних генотипів деревних рослин. Внаслідок цього сучасний видовий склад дендрофлори України неадекватний багатству сучасних природних умов. Навпаки, функціонування антропорегульованої системи, завдяки прогностичним можливостям людини, може бути відкоректовано задалегідь (“превентивне коректування”). Наприклад, при наявності природного насадження у зоні промислового забруднення у ньому можуть загинути нестійкі види та форми рослин, тоді як штучне насадження первісно може бути створено із стійких до забруднення видів та генотипів дерев [8, 9].

Важливою рисою АЛЕ є поліканальність спілкування із середовищем – підсистеми мають із ним як автономні прямі зв’язки (на вході та виході системи), так і опосередковані взаємодії – через інші підсистеми.

2. *Бар’єрне значення лісової екосистеми.* А.І. Перельманом виділено шість категорій геохімічних бар’єрів (ГХБ): два основних типи (природні та техногенні) поділені, у свою чергу, на три класи: механічні, фізико-хімічні та біогеохімічні [3].

Приналежність АЛЕ до всіх трьох класів природного типу бар’єрів очевидна. У той же час АЛЕ можуть бути віднесені і до класу техногенних бар’єрів. Техногенність цих бар’єрів визначається їх штучним походженням, впливом людини на локалізацію та склад рослинності, динаміку росту насаджень, а також, особливо, відчуженням суттєвої кількості хімічних елементів у процесі різних видів рубок. Так, тільки рубками головного користування і тільки у вигляді ліквідної деревини із екосистеми вилучається 700...1300 кг/га азоту, 100...190 кг/га P_2O_5 , 200...380 кг/га K_2O , 700...1500 кг/га CaO та до 1700 кг/га інших зональних елементів, до яких відносяться і ЗР. Розмір відчуження залежить від породного складу насаджень та від їх таксаційних параметрів. Внаслідок цього реаккумуляція значної частини ЗР відбувається за межами (просторовими та, подекуди, часовими) екосистеми. Заслуговує на особливу увагу той факт, що навіть при вилученні товарної деревини суттєва частина хімічної речовини (також і ЗР) залишається у системі, у складі порубочних залишків, пнів, коренів, чагарників, підстилки тощо. Ця частина лишається у подальшому кругообігу, що продовжує відбуватися. Таким чином, антропогенні лісокультурценози можна розглядати як інструмент вилучення із ландшафту техногенних поллютантів.

Викладене вище дозволяє стверджувати, що АЛЕ можуть бути віднесені сукупно до всіх шести категорій ГХБ. В той же час вони є особливим типом – типом біогеоценотичних геохімічних бар’єрів (БГЦБ). Цей тип може бути названо також типом комплексних ГХБ. Таким чином класифікація А.І. Перельмана може бути доповнена ще однією (сьомою) категорією, що має специфічний характер.

У глобальному та континентальному масштабі АЛЕ є підсистемами (складовими частинами) біосфери. У цій якості вони – продуцент та акумулятор живої речовини, що впливає на киснево-вуглецевий баланс, перетворювач неорганічної речовини та сонячної енергії в органічну речовину та потенційну хімічну енергію. У той же час АЛЕ – арена зворотного процесу. У відповідності до одного із основних законів геохімії, закону біологічного кругообігу, тут “... атоми поглинаються живою речовиною та заряджаються енергією. Залишаючи живу речовину, вони віддають накопичену енергію у навколишнє середовище. За рахунок біогенної енергії здійснюються багато які хімічні реакції” [3, с. 214].

Принципова відміна БГЦБ від інших категорій ГХБ полягає у тому, що останні представлено статичними або відносно статичними системами, тоді як БГЦБ являють собою активно-динамічні системи. Процес вилучення того чи іншого елемента з потоку речовин та його депонування у випадку “класичного” ГХБ має, переважно, пасивний характер, тоді як зустріч тієї ж речовини із БГЦБ, як правило, супроводжується залученням цієї ж речовини у активний екосистемний кругообіг [18].

Бар’єрним компонентом АЛЕ є не тільки фітосфера (сукупність рослинних організмів), але і педосфера (лісова підстилка і ґрунт). Про біосферне значення цього екосистемного компонента свідчить хоча б той факт, що у планетарному масштабі в акумулятивно-перегнійному горизонті ґрунту депоновано вуглецю у 2,5 рази більше, ніж у лісовій рослинності. Тривалість утримання вуглецю у підстилці і гумусі деякі автори оцінюють у 700 років. Вступ ЗР у ґрунт здійснюється не тільки із рослинним опадом, але і безпосередньо – через лісову підстилку та акумулятивно-перегнійний горизонт.

Екзофаціальні зв'язки та ендосистемні процеси АЛЕ як ГХБ мають і механічний, і фізико-хімічний та біохімічний характер.

2.1. *АЛЕ як механічний ГХБ.* Участь лісових БГЦБ у процесах механогенеза полягає, в основному, у захопленні аерозолів, які несуть повітряні течії і до складу яких входять ЗР. При цьому пилезатримання здійснюється як внаслідок зниження енергії повітряного потоку, так і за рахунок затримання пилу кронами та стовбурами дерев та чагарників [19], трав'яним покривом та лісовою підстилкою. Деяка роль у механічному захваті речовин належить тваринам (в першу чергу хробакам та личинкам комах) та кореням рослин. Наступний рух пилових частинок залежить від їх змиву та транспортування водними осадами. Бар'єрну роль виконують АЛЕ також при здійсненні своєї водорегулюючої функції, особливо на схилах. Переведення поверхневого стоку у внутрішньогрунтовий та регуляція лісовою підстилкою та коренями дерев внутрішньогрунтової латеральної та вертикальної водяної міграції сприяє акумуляції речовин у межах БГЦ.

Слід відзначити, що істотне значення мають аеродинамічні властивості деревостану. Породний склад насадження, взаєморозміщення дерев, наявність підросту та підліску визначають швидкість руху повітряного потоку, ступінь його турбулентності та, отож, характер пило- та снігозатримання [20 та ін.]. Особливо наочно виявляється роль АЛЕ, як механічних ГХБ, на прикладі захисних лісомеліоративних смуг під час пилових бур, у процесі снігозатримання та сніготанення.

Вважаємо, що, використовуючи аеродинамічну специфіку окремих деревних та чагарникових видів та їх сполучень, можливо конструювання своєрідних "біогеоценоцичних пасток". Такі "пастки" можуть виглядати як комплекс із двох-трьох смуг дерев (різного ступеня щільності), що чергуються із смугами чагарників, що акумулюють основну масу пилових забруднювачів.

2.2. *Фізико-хімічні бар'єрні функції АЛЕ.* Сутність лісового БГЦ як фізико-хімічного ГХБ визначається інтенсивними окислювально-відновними процесами, що відбуваються в основних підсистемах лісової екосистеми (фітоценоз, педоценоз, літосфера). При цьому в окремих складових цих підсистем може превалювати або окислювальний, або відновлювальний типи міграції. Наприклад, різні горизонти профілю лісових ґрунтів можуть бути як окислювальними, так і відновлювальними фізико-хімічними бар'єрами. При цьому окислювально-відновлювальна ситуація може змінюватися навіть за сезонами року, в залежності від зміни ступеня зволоженості того чи іншого горизонту. Оскільки на кінетику фізико-хімічних процесів істотний вплив справляють температурні умови, бар'єрна діяльність БГЦ влітку активізується, взимку – уповільнюється.

Із фізико-хімічних процесів, що відбуваються у лісовому БГЦ, найбільше бар'єрне значення належить процесам, що супроводжують інфільтрацію розчинів та газів (передусім NO_2 , SO_2 , H_2S , H_2 , CO , CO_2 , CH_4) у листовому апараті дерев, у педосфері та у гідросфері.

Бар'єрне значення асиміляційного апарату деревних рослин доказане низкою досліджень у зонах діяльності промислових підприємств [10, 11, 19 та ін.]. Незважаючи на те, що вивчалася досить обмежене коло забруднювачів (Fe, Cl, F, SO_2 , NO_2 сполуки Pb та деякі інші) і, в першу чергу, досліджувалася стійкість рослин, а не їх бар'єрна роль, накопичено чимало фактів фізико-хімічної взаємодії листя дерев із поллютантами. Поглинання ЗР листям відбувається як за рахунок асимілювання їх водорозчинних сполук із пилових відкладень на поверхні листя, так, ймовірно, і за рахунок поглинання іонів у процесі газообміну.

Розглядаючи значення педосфери лісового біогеоценозу в умовах ПЛС, доречно відзначити, що, як показали дослідження накопичення і міграції фтористих з'єднань, фільтруюча здатність сірого лісового ґрунту може бути співставлена із очисною здатністю чорнозему [21].

Дуже важлива фізико-хімічна роль підсистеми "гідросфера". Ця система активна на всіх етапах середовищотворної діяльності лісового БГЦ (захват ЗР, екзо- та ендосистемна латеральна та вертикальна міграція, депонування). Вода є агентом, елементом або середовищем таких фізико-хімічних процесів, як хелатування, колоїдна міграція, сорбція, іонний обмін, електрохімічні перетворення.

2.3. *АЛЕ як біогеохімічний бар'єр.* Здатність АЛЕ відігравати активну роль біогеохімічних бар'єрів реалізується у процесі біологічного кругообігу речовин, що базується на поєднанні та боротьбі процесів асиміляції (анаболізму) та дисиміляції (катаболізму). При цьому складний процес залучення у живі організми речовин та енергії із навколишнього середовища поєднується із біохімічним синтезом сполук у елементах біоти (рослини, мікроорганізми та ін.), частковим закріпленням цих речовин в організмах та їх подальшим поверненням до навколишнього середовища.

Відомо [3 та ін.], що живими організмами із навколишнього середовища можуть бути "залучені" P, Br, I, Ca, Na, K, Mg, Mn, N, W та інші, у тому числі такі елементи енергійного та сильного забруднення, як S, Cl, Sr, Zn, V, Se. Біологічному захопленню схильні також поллютанти F, Ba, Ni, Cu, Co, Pb, Sn, As, Mo, Hg, Fe, V, Cr, Cs, Sb, Cd та ін.

Загальний біогеохімічний кругообіг, що здійснюється у БГЦ в цілому, може розглядатися як сукупність окремих кругообігів, що відбуваються у підсистемах та "індивідуальних елементах"

біогеоценотичної системи. Підсистемами АЛЕ, у яких, в основному, відбувається поглинання, метаболічна трансформація та накопичення речовин (зокрема, забруднювачів) є дендроценоз та ґрунт.

ЗР потрапляють у лісовий ґрунт переважно із атмосферними опадами, пилом, листопадом, гравітаційними водами. У педосфері здійснюється біогенна трансформація низки полютантів за рахунок діяльності педобіотів. Так, наприклад, мікроорганізми відновлюють селеніди до металевого селену та окислюють їх; деякі ґрунтові дріжджі, гриби та бактерії метаболізують бензопирен, анроцен, флоурен, дибензотифен, фенантрен та ін. [22, 23, 24, 25, 26, 27, 28]. Навіть у дуже кислому середовищі (рН 2,0) більш ніж 4 0% вуглеводнів, нафталіну та толуолу мікробіологічно окислюються до вуглекислого газу та води [29].

Більша частина метаболічно перетворених та неперетворених ЗР перебуває у педосфері у формі ґрунтових розчинів. Частково ці розчини багаторазово утилізуються різними групами ґрунтових організмів, частково поглинаються корінням рослин, частково надходять у внутрішньоґрунтовий водотік та літосферу.

Основними елементами дендроценозу, що беруть участь у біогенному поглинанні ЗР, є сукупність корневих систем та асиміляційний апарат дерев [29]. Висхідні та спадні токи у провідних тканинах рослин втягують хімічні елементи у процеси розпаду та біосинтезу, які відбуваються у рослинних клітинах та міжклітинних просторах. Своєрідний “метаболітичний млин” “перемелює” у ході гідролітичних та окислювально-відновних процесів як речовину, так і енергію [18].

Ці констатації загального характеру побудовано на літературних даних відносно кругообігу біогенних макроелементів (N, P, K, Ca, Mg) [18, 30 та ін.]. Дані щодо окремих забруднювачів (Fe, Cl, Pb, Cu, F та деякі інші) наводяться, в основному, з точки зору їх впливу на життєздатність рослин [10, 11, 19, 31 та ін.]. Ці дані не дозволяють нам зробити висновок, яка частка із 4 млн. т шкідливих викидів промислових підприємств України може поглинатися лісовими екосистемами. Можемо тільки твердити про наявність феномену такого поглинання.

3. *Депонування та розсіювання.* З викладеного вище випливає, що речовини, які залучаються до лісової екосистеми, існують на шляхах механічної, фізико-хімічної та біогенної ендосистемної міграції, у ході якої вони можуть зазнавати суттєву трансформацію. Окремі кругообіги між собою пов'язані. Значна частина “педосферного” метаболізму через ризосферу залучається до “фітосферного” метаболізму, тоді як частина продукції останнього, через наземне опадання рослин, “коренепад” та кореневі виділення, надходять до ґрунту.

Значна частина ЗР у межах педосфери фіксується низкою органічних, органо-мінеральних та мінеральних компонентів, які відіграють буферну роль [19, 32, 33, 34, 35]. При цьому істотним є той факт, що час існування деяких із тисяч присутніх у ґрунтах сполук може вимірюватися сотнями та тисячами років [36].

Деяка кількість продуктів життєдіяльності педобіотів та корневих виділень, а також не залучені до “метаболічного млина” речовини, захоплюються нисхідним током ґрунтових вод та транспортуються до літосфери. В умовах ПЛС ці речовини, в основному, сорбуються лесами. Висловлюється думка, що “забруднені ґрунти небезпечні передусім як джерело інгаляційного надходження важких металів у організм людини шляхом вторинного забруднення приземного шару повітря” [32, с. 150]. Цінність АЛЕ (як ГХБ) полягає у тому, що вони зводять таку небезпеку до мінімуму.

Нарівні із педосферою та літосферою, депонуючі функції виконує підсистема “дендроценоз”. В умовах ПЛС деревостан може містити до 10 т / га зольних елементів [37], з яких 7–8 т складають макроелементи (CaO, K₂O, P₂O₅, MgO), а 2–3 т – мікроелементи. 50–60 % цієї кількості присутні постійно, будучи депоновані у коренях, пнях та ін.; до 40–50 % може періодично вилучатися людиною у процесі рубок головного та проміжного користування. Вилучені таким чином макро- та мікроелементи виносяться за межі не тільки екосистеми, але і за межі зони дії емітентів часто-густо на значні відстані. Згодом відбувається розсіювання цих елементів, що містяться в продукції та відходах деревопереробних виробництв. Процес такого розсіювання займає багато років та десятиліть.

Цілком очевидно, що кількісні характеристики “дендродепонування” прямо пропорційні продуктивності деревостану та суттєво залежать від характеру лісокористування. Ці характеристики ще й видоспецифічні. Крім того, різні органи різних видів накопичують неоднакову кількість різних хімічних елементів. Так, у золі дуба міститься MgO у 1,5 раза більше, ніж у золі сосни [18], а у дрібних коріннях клена (в умовах сильного забруднення) Fe міститься у 8 разів більше, ніж у великих [11]. Наші дослідження у зонах антропопресії Сибіру [9], також як і дослідження у Європі [38], дозволяють зробити висновок і про наявність індивідуальної мінливості за ознаками накопичення ЗР та стійкості окремих дерев.

Висновки. Виходячи із викладеного, сутність концепції, що пропонується, можна сформулювати таким чином:

1. Лісові біогеоценотичні системи, зокрема антропогенні – це особливий комплексний тип природно-техногенних геохімічних бар'єрів, що відіграють суттєву роль у регулюванні процесів міграції поллютантів в умовах техногенного забруднення довколишнього середовища.

2. Оскільки бар'єрна діяльність АЛЕ носить системний характер, активізація цієї діяльності потребує заходів, спрямованих на вдосконалення локальних та регіональних систем лісомеліоративних та загальногосподарських насаджень; розробку оптимальної структури та видового складу насаджень (включаючи лісоселекційні та лісоінтродукційні заходи); підвищення буферних властивостей та трофності лісових ґрунтів (включаючи протидію дегуміфікації, декальцінації та агрофізичній деградації); підвищення відносної частки лісовкритих площ у територіальному балансі антропогенних ландшафтів; підвищення інтенсивності біологічного кругообігу в лісових екосистемах (передусім лісгосподарськими методами); розробку альтернативних схем лісокористування, спрямованих на максимальне використання бар'єрних властивостей лісу (реалізація принципів перманентного лісівництва).

3. Створення антропогенних лісових екосистем є не тільки засобом підвищення буферних властивостей навколишнього середовища, але і засобом біоконверсії площ (у тому числі сільгоспугідь), які вже досягли граничного та позаграничного рівня агрохімічної та агрофізичної деградації.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Реймес Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
2. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. – М.: Госгеографиздат, 1961. – 496 с.
3. Перельман А.И. Геохимия. – М.: Высш.школа, 1979. – 423 с.
4. Сукачев В.Н. Основные понятия лесной биогеоценологии//Основы лесной биогеоценологии. – М.-Л.: Наука, 1964. – 574 с.
5. Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь. – Кишинев, Главн. редакция МСЭ, 190. – 407 с.
6. Черч А. Введение в математическую логику. – М.: Изд-во Иностран.лит., 1960. – Т. 1.
7. Кондаков Н.И. Логический словарь-справочник. – М.: Наука, 1975. – 720 с.
8. Логгинов В.Б. Пути использования селекционных приемов для создания устойчивых насаждений вокруг промышленных предприятий// Растения и промышленная среда: Мат-лы III научной конференции. – К.: Наук. думка, 1976. – С. 173–174.
9. Логгинов В.Б., Бабиченко П.Д. Перспективы применения эколого-селекционных методов для повышения устойчивости древостоев на территориях промэнергорайонов Среднего Приангарья// Физиолого-биохимические и экологические аспекты устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды. – Иркутск: СИФР СО АН СССР, 1976. – С. 58–59.
10. Илькун Г.М. Загрязнители атмосферы и растения. – К.: Наук. думка, 1978. – 247 с.
11. Промышленная ботаника// Е.Н. Кондратюк, В.П. Тарабрин, В.И. Бакланов, Р.И. Бурда, А.И. Хархота. – К.: Наук. думка, 1980. – 260 с.
12. Вальт Л.О. О роли мысленного эксперимента в развитии научной теории // Логика и методология науки. – М.: Наука, 1967. – С. 205–210.
13. Месьюков В.С. Мысленный эксперимент и логика // Логика и методология научного познания. – М.: Изд-во МГУ, 1974. – С. 127–140.
14. Логгинов В.Б. Интродукционная оптимизация лесных культурценозов. – К.: Наук. думка, 1988. – 164 с.
15. Логгинов В.Б. Информационная концепция интродукции// Всесозн. конф. по теоретич. основам интродукции растений. – М.: ГБС АН СССР, 1983. – С. 114.
16. Логгинов В.Б. Антропогенные лесные экосистемы и роль интродукции в их оптимизации// Интродукция древесных растений и озеленение городов Украины. – К.: Наук. думка, 1983. – С. 8–14.
17. Логгинов В.Б. Антропогенні лісові екосистеми та деякі питання лісокористування // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя, 1999. – С. 3–11.
18. Смольянинов И.И. Биологический круговорот веществ и повышение продуктивности лесов. – М.: Лесная промышленность, 1969. – 192 с.
19. Смит У.Х. Лес и атмосфера. Взаимодействие между лесными экосистемами и примесями атмосферного воздуха. – М.: Прогресс, 1985. – 430 с.
20. Логгинов Б.И. Основы полезащитного лесоразведения. – К.: Изд-во УАСХН, 1961. – 359 с.
21. Илькун Г.М., Мотрук В.В. Накопление и передвижение фтористых соединений в почвах// Растения и промышленная среда: Мат-лы III научной конференции. – К.: Наук. думка, 1976. – С. 82–85.
22. Bezalel L., Hadar Y., Cerniglia C.E. Mineralization of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons by the White Rot Fungus *Pleurotus ostreatus* // Applied and Environmental Microbiology, Jan. 1996. – P. 292–295.

23. *Bezalel L., Hadar Y., Fu P.P., Freeman J.P., Cerniglia C.E.* Metabolism of Phenantrene by White Rot Fungus *Pleurotus ostreatus* // *Applied and Environmental Microbiology*, July, 1996. – P. 2547–2553.
24. *Bezalel L., Hadar Y., Fu P.P., Freeman J.P., Cerniglia C.E.* Initial Oxidation Products in the Metabolism of Pyrene, Anthracene, Fluorene, and Dibenzothiophene by the White Rot Fungus *Pleurotus ostreatus* // *Applied and Environmental Microbiology*, July, 1996. – P. 2554–2559.
25. *Sack U., Eritsche W.* Endancement of pyrene miniralization in soil by wood-decaying fungi// *FEMS Microbiology Ecology* 22 (1997). – P. 77–83.
26. *Bogan B.W., Schoenike B., Lamar R.T., Cullen D.* Expression of tir Genes during Growth in Soil and Oxidation of Anthracete by *Phanerochoete chrysosporium* // *Applied and Environmental Microbiology*, Oct. 1996. – P. 3997–3703.
27. *Bogan B.W., Lamar R.T.* Polycyclic Aromatic Hydrocarbon-Degrading Capabilites of *Phanerochoete laevis* HNB – 1625 and Its Extracellular Ligninolytic Enzymes // *Applied and Environmental Microbiology*, May 1996. – P. 1597–1603.
28. *Collins P.J., Kotterman M.S., Field S.A., Dobson A.D.* Oxidation of Anthracene and Benzo [a] pyrene by Laccases from *trametes versicolor* // *Applied and Environmental Microbiology*, Dec. 1996. – P. 4565 – 4567.
29. *Stapleton R.D., Savage D.C., Stacey G.* Bioderadation of Aromatic Hydrocarbons in an Extremaly Acidic Enviromental Microbiology, Nov. 1996. – P. 4180 – 4184.
30. *Погребняк П.С.* Общее лесоводство. – М.: Колос, 1968. – 440 с.
31. *Кулагин Ю.З.* Древесные растения и промышленная среда. – М.: Наука, 1974. – 124 с.
32. Охорона ґрунтів// М.К. Шикула, О.Ф. Гнатенко, Л.Р. Петренко, М.В. Капштик. – К.: Т-во “Знання”, КОО, 2001. – 398 с.
33. *Бастригина Т.М., Маничев В.И., Сушик Ю.Я.* Формы нахождения тяжелых металлов в черноземной почве в зоне влияния промышленного источника загрязнения // Сб. научн.трудов ГНЦ РОС. – К.: ДНЦ РОС, 2000. – Вып. 1. – С. 142–151.
34. *Кононенко Л.В., Высотенко О.А.* Кинетические параметры трансформации техногенного свинца в дерновоподзолистых почвах // Сб.научн. трудов ГНЦ РОС. – К.: ГНЦ РОС. – 2000. – Вып. 1. – С. 152–163.
35. *Головка Н.В., Розко А.М., Коромисличенко Т.І.* Роль органічної речовини в утворенні міграційних форм радіонуклідів // Збірник наук. праць ДНЦ РНС. – К.: ДНЦ, РНС. – 2000. – Вып. 1. – С. 93–102.
36. Почвоведение / И.С. Кауричев, Н.П. Панов, Н.Н. Розов и др. – 4 изд. – М.: Агропромиздат, 1989. – 719 с.
37. *Погребняк П.С.* Обмін зольних речовин між деревною рослинністю і ґрунтом // ДА УРСР, Лісівництво, 1948. – № 3. – С. 27–88.
38. *Хинек В., Радоста П.* Селекционные программы для ели обыкновенной в горах Оре // Лесная генетика, селекция и физиология древесных растений: Мат-лы междунар. Симпозиума. – М.: ГК СССР по лесу, 1990. – С. 114–115.

ЛОГГІНОВ Владислав Борисович – доктор біологічних наук, професор кафедри екології Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- біогеоценологія;
- лісівництво, лісознавство;
- екологія лісових екосистем.

Подано 03.01.2009

The concept of holocoenotic geochemical barriers // Logginov V.B.

Ecological role of geochemical barriers and the role of forests in their forming are considered. The concept of holocoenotic barriers is suggested based on the barrier importance of forestry. The role of anthropogenic forestry as a mean of bioconversion of environmental contamination is analyzed.

Концепция биогеоценоотических геохимических барьеров // Логгинов В.Б.

В статье рассмотрена экологическая роль геохимических барьеров и роль лесов в их формировании. На основе анализа барьерного значения лесных экосистем предложена концепция биогеоценоотических барьеров и проанализирована роль антропогенных лесных экосистем как способа биоконверсии загрязнения окружающей среды.

Логгинов В.Б. Концепція біогеоценоотичних геохімічних бар'єрів

У статті розглянута екологічна роль геохімічних бар'єрів і роль лісів в їх формуванні. На основі аналізу бар'єрного значення лісових екосистем запропонована концепція біогеоценоотичних бар'єрів і проаналізована роль антропогенних лісових екосистем як способу біоконверсії забруднення навколишнього середовища.