

РОЗПОДІЛ ^{137}Cs У ЛІСОБОЛОТНІЙ ЕКОСИСТЕМІ СОСНЯКА БУЯХОВО-БАГНОВО-СФАГНОВОГО У ЦЕНТРАЛЬНОМУ ПОЛІССІ УКРАЇНИ

Проаналізовано розподіл ^{137}Cs в лісоболотній екосистемі сосняка буюхово-багново-сфагнового у Центральному Поліссі України. Показано, що у ґрунті екосистеми найбільша питома активність ^{137}Cs є характерною для шару очосу на глибині 15–20 см. Компоненти фітоценозу утворюють такий рангований ряд за середньозваженими значеннями питомої активності ^{137}Cs : ярус макроміцетів > трав'яно-чагарничковий ярус > моховий ярус > ярус лишайників > ярус підросту > ярус деревостану.

Постановка проблеми

У радіоекологічному відношенні лісоболотні екосистеми недостатньо вивчені. Відповідні публікації стосовно розподілу ^{137}Cs в ярусах рослинності є нечисленними. Разом з тим, лісоболотні екосистеми мають значні екологічні особливості. Вони є геохімічним бар'єром на шляху міграції важких металів та техногенних радіонуклідів, запобігають радіоактивному забрудненню ґрунтових та поверхневих вод, здатні тривалий час утримувати радіоактивні елементи. Саме тому вивчення радіоекології лісоболотних екосистем має значне практичне значення навіть через 24 роки після аварії на ЧАЕС.

Аналіз останніх досліджень

Специфічність розподілу фітомаси ценозу за ярусами в лісоболотних екосистемах, як і розподіл сумарної активності ^{137}Cs , привертала увагу дослідників [1]. Зокрема, було підкреслено важливу роль сфагнового покриву останніх та досить незначну – деревного ярусу.

Основними закономірностями сучасного розподілу ^{137}Cs за компонентами хвойних лісів є те, що основна частка сумарної активності радіонукліду (81–96 %) сконцентрована у ґрунті. Характерною є більша інтенсивність акумуляції ^{137}Cs компонентами фітомаси у бідніших і вологіших ТЛУ [2]. Залежно від екологічних умов, деревний ярус може відігравати різну роль у розподілі ^{137}Cs у лісових екосистемах. При цьому його едифікаторна і відносна геохімічна роль є найбільшими в умовах, що близькі до оптимальних для росту головних лісоутворюючих порід (сосни, дуба, берези), – свіжих і вологих суборах, сугрудах і грудах [3], зменшуючись за несприятливих умов мокрих

борів, де частка інших ярусів рослинності в утриманні активності ^{137}Cs може бути більшою, ніж деревостану. Особливо слід підкреслити, що сумарна частка фітоценозу в утриманні цього радіонукліду не перевищує 20–25 %, а геохімічна роль різних ярусів лісової рослинності значно варіює і позитивно корелює з фітомасою на одиниці площі.

Об'єкти та методика

Дослідження проведено в Олевському районі у Замисловицькому лісництві ДП “Білокоровицьке ЛГ”. Пробна площа репрезентувала екосистему сосняка буяхово-багново-сфагнового, розташованого поблизу берега болотного масива “Плотниця” на неглибоких торф'яно-болотних ґрунтах (шар торфу 50–60 см, підстелений супісками).

Деревний ярус складався з сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), віком 50 років. Зімкнутість крон дерев – 0,5. Ярус підросту деревних порід був розрідженим: 400 шт./га *Betula pubescens* та 300 шт./га *Pinus sylvestris*, віком 3–4 роки. Трав'яно-чагарничковий ярус був густим, з проективним покриттям 80–85 %. Співдомінували в ньому *Ledum palustre* L. (45–50 %) та *Vaccinium uliginosum* L. (25–30 %). Як асектатори зустрічалися: *Andromeda polifolia* L., *Carex lasiocarpa* Ehrh., *Calluna vulgaris* Hull., *Oxycoccus palustris* Pers., *Eriophorum vaginatum* L.

Моховий ярус мав проективне покриття 95–98 %. Співдомінували в ньому сфагнові мохи – *Sphagnum magellanicum* Brid. (45–50 %) та *S. capillifolium* (Ehrh.) Hedw. (35–40 %).

У ярусі макроміцетів домінував *Suillus variegatus* Kuntze.

Пробна площа (розміром 1 га) закладена за стандартною методикою [4]. На ній за стандартною ж методикою виконано геоботанічний опис біогеоценозу [5]; видовий склад судинних рослин вивчався за А.А. Корчагіним [6]; будова фітоценозу – за А.А. Корчагіним [7]; ґрунти – за Т.А. Рожною [8]; макроміцети – за Л.Н. Васильєвою [9]. На пробній площі за стандартною методикою проведено суцільний таксаційний облік деревостану [10].

У типовому за рельєфом локалітеті копали ґрунтовий профіль, зразки для аналізу відбирали пробовідбірником площею 500 см² та висотою 2 см, тому об'єм кожного зразка дорівнював 1000 см³.

За результатами суцільного переобліку деревостану для пробної площі визначали параметри середнього модельного дерева – середній діаметр та висоту. Три дерева, близьких за таксаційними показниками до середнього модельного, підбирали на пробній площі та спилювали. На їх основі проводили всі подальші розрахунки фітомаси деревостану. Гілки крони з кожного дерева обрубали, складали окремо та зважували. З 3-х частин крони – верхньої, середньої та нижньої – відбирали по три гілки; у польових умовах зважували їх сиру масу та розділяли на органи, сиру масу яких також визначали у польових

умовах. Для компонентів гілок сосни вивчалися: хвоя 1-річна; хвоя 2-річна; хвоя 3-річна; пагони 1-річні; гілки товсті (діаметром більше 0,5 см) та гілки тонкі (діаметром менше 0,5 см) [11].

Стовбур розпилювали на відрізки 1,5–2 м завдовжки. З його середньої частини відбирали типовий відрізок, зважували у польових умовах та знімали всю кору зовнішню, потім кору внутрішню з лубом. Отримані тканини (деревину, кору зовнішню та кору внутрішню) також зважували у польових умовах – для визначення усушки та подальших аналізів. Крім того, бензомоторною пилою відбирали зразки деревини без кори.

Ярус підросту суцільно обраховували на площі 1 га.

Надземну фітомасу трав'яно-чагарничкового ярусу визначали на 3-х облікових ділянках площею 25 м², з них відбирали фітомасу по видах. Моховий ярус відбирали за видами з трьох облікових ділянок, кожна площею 500 см².

Усі зразки ґрунту та рослинності висушували до повітряносухого стану при 80 °С протягом 72 год. Питому активність ¹³⁷Cs вимірювали на багатоканальному гамма-спектроаналізаторі імпульсів СЕГ-001 з сцинтиляційними детекторами БДЕГ-20Р-1 та БДЕГ-20Р-2.

Для статистичної обробки масивів експериментальних даних було використано стандартний пакет програм “Excel” та загальноприйняті формули [12].

Результати досліджень

Значний науковий інтерес має вивчення питомої активності у тканинах і органах деревних рослин на пробній площі. З тканин і органів дерева найвищим вмістом ¹³⁷Cs характеризується асиміляційний апарат (хвоя), далі в порядку зменшення йдуть кора, пагони (гілки), деревина стовбура без кори. Найбільша питома активність ¹³⁷Cs була зафіксована у сосни в 1-річних пагонах – 3524 Бк/кг, а найменша – у деревині без кори – 326 Бк/кг (табл. 1).

Ранговий ряд видів трав'яно-чагарничкового ярусу за вмістом радіонукліду є специфічним. Максимальне значення питомої активності ¹³⁷Cs у ньому спостерігається у *Calluna vulgaris* – 4678 Бк/кг. Особливу увагу слід звернути на лікарські рослини (*Ledum palustre*) та ягідні види (*Vaccinium uliginosum*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Oxycoccus palustris*), де питома активність радіонукліду перевищує допустимі рівні в 4–5 разів.

Важливе значення в умовах сирого субору має моховий ярус фітоценозу, оскільки усім видам класу мохів притаманна висока сорбційна ємність та міцність фіксації високодисперсних радіоактивних частинок. Питома активність у зразках сфагнових мохів коливається від 4934 до 5450 Бк/кг.

Вміст ¹³⁷Cs в ярусі макроміцетів перевищує допустимий рівень в 7–10 разів. Макроміцети, незважаючи на незначну масу, можуть відігравати помітну роль у перерозподілі радіонуклідів. Їх роль збільшується також внаслідок того, що їх недовговічні плодові тіла швидко розкладаються, віддаючи весь радіонуклід у

доступній водорозчинній формі іншим ярусам рослинності, тим самим значно активуючи колообіг радіонукліду в екосистемах.

Важливі закономірності вертикального розподілу ^{137}Cs спостерігаються на торфових ґрунтах пробної площі. Чітко видно, що, починаючи з 5 см шару очосу, питома активність ^{137}Cs збільшується (рис. 1). При цьому максимальне значення питомої активності радіонукліду спостерігається не на поверхні, а у шарі очосу на глибині 15–20 см. У більш глибоких горизонтах відбувається помітне зменшення вмісту ^{137}Cs . Слід підкреслити, що, на відміну від мінеральних ґрунтів автоморфних ландшафтів, у торфових ґрунтах це зменшення відбувається більш поступово. Враховуючи результати аналізу вертикального розподілу ^{137}Cs у торфових ґрунтах на пробній площі, можна зробити висновок, що максимальною радіоактивністю характеризується коренезаселений (активний) шар торфу.

Також слід підкреслити, що шар очосу, як субстрат для зростання судинних рослин в умовах сирого субору, практично не містить мінерального дрібнозему, що обумовлює його надзвичайну низьку здатність необмінно фіксувати ^{137}Cs . Процеси обмінної фіксації згаданого радіонукліду у шарі очосу та верхніх горизонтах торфу є головними, що визначають мобільність ^{137}Cs у даній екосистемі. Це, в свою чергу, обумовлює високу міграційну здатність ^{137}Cs у проаналізованих ґрунтах, а також в екосистемах сильно обводнених торфових боліт взагалі.

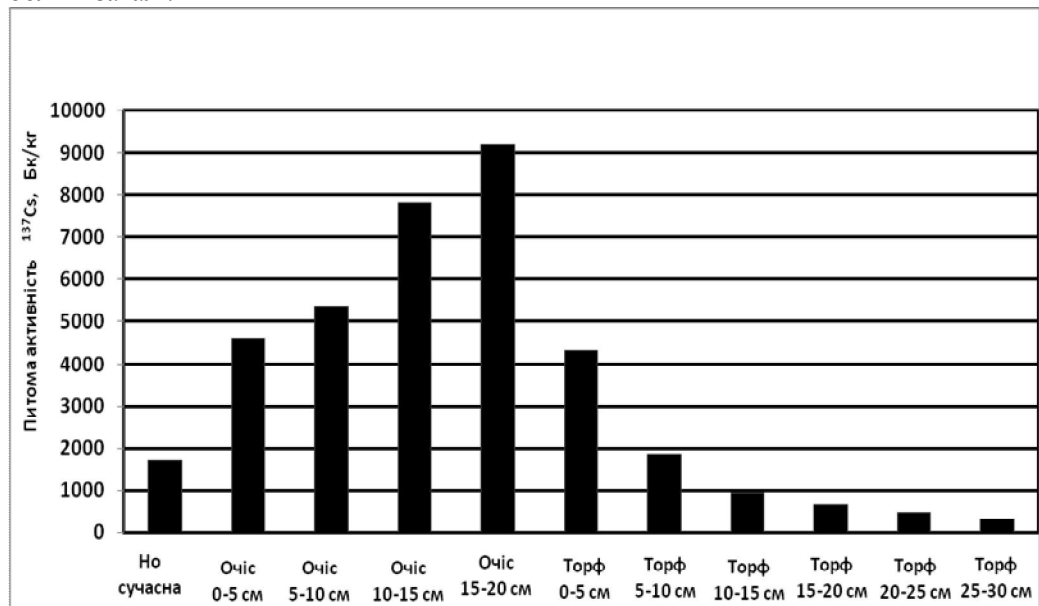


Рис. 1. Питома активність ^{137}Cs у горизонтах торфів на пробній площі

Вивчення як вагових показників усіх компонентів біогеоценозу на одиниці площі, так і питомої активності ^{137}Cs в останніх дозволило розрахувати розподіл валового запасу даного радіонукліду в екосистемі, що аналізується (табл. 1).

Таблиця 1. Розподіл ^{137}Cs в екосистемі буяхово-багново-сфагнового соснового лісу у сирому суборі (В₄) на неглибоких торфах (n = 3)

Компонент екосистеми	Маса, кг/га	Питома активність ^{137}Cs , Бк/кг	Активність ^{137}Cs , Бк/га	Частка від активності ^{137}Cs в екосистемі, %
1	2	3	4	5
Деревний ярус Сосна звичайна	94736	579 *	54872560	2,805
Дереви́на без кори	61856	326±34	20165056	1,034
Кора зовнішня	5584	551±52	3076784	0,158
Кора внутрішня (луб)	96	2050±184	196800	0,001
Шпильки 1-річні	2000	2280±264	4560000	0,234
Шпильки 2-річні	3104	1520±96	4718080	0,242
Пагони 1-річні	112	3524±381	394688	0,020
Гілки товсті	19280	920±80	17737600	0,910
Гілки тонкі	2704	1488±72	4023552	0,206
Підріст	5,73	1322*	7573,87	0,0004
<i>Pinus sylvestris</i>	2,44	797±32	1944,68	0,0001
<i>Betula pubescens</i>	3,29	1711±136	5629,19	0,0003
Трав'яно-чагарничковий ярус	395,8	22732*	1232067	0,0633
<i>Ledum palustre</i>	169,6	4250±250	720800	0,037
<i>Vaccinium uliginosum</i>	100	3432±242	343200	0,018
<i>Andromeda polifolia</i>	7,89	3558±496	28073	0,001
<i>Carex lasiocarpa</i>	8,19	824±27	6749	0,0003
<i>Calluna vulgaris</i>	2,5	4678±184	11695	0,001
<i>Oxycoccus palustris</i>	23,4	2600±183	60840	0,003
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	5,22	2807±133	14653	0,001
<i>Eriophorum vaginatum</i>	79	583±18	46057	0,002
Моховий ярус	5032,44	5418*	27264163	1,398
<i>Sphagnum capillifolium</i>	2200,2	5454±200	11999891	0,615
<i>Sphagnum magellanicum</i>	2500	5450±340	13625000	0,699
<i>Sphagnum centrale</i>	332,24	4934±100	1639272	0,084
Лишайниковий ярус	17,05	12221*	95296,4	0,0045
Під'ярус епіфітних лишайників	11,39	4559*	51931,98	0,0023
<i>Hypogymnia physodes</i>	6,29	4146±225	26078,34	0,001
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	3,69	4414±175	16287,66	0,0008
<i>Cladonia chlorophaea</i>	0,9	6720±340	6048	0,0003
<i>Cladonia rei</i>	0,51	6898±263	3517,98	0,0002

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5
Під'ярус епігейних лишайників	5,66	7662*	43364,4	0,0022
Cladonia chlorophaea	2,32	7578	17580,96	0,0009
Cladonia rei	2,24	7906	17709,44	0,0009
Cladonia bacillaris	1,1	7340	8074	0,0004
Ярус макроміцетів	10,02	168820 *	1691575	0,086
Russula emetica	1,1	85303±10570	93833,3	0,005
Suillus variegatus	6,22	196500±13832	1222230	0,062
Cortinarius fulvescens	1,54	100000±7060	154000	0,008
Lactarius rufus	0,42	196900±20150	82698	0,004
Paxillus involutus	0,51	233000±25335	118830	0,006
Cantharellula umbonata	0,15	96800±7830	14520	0,0007
Galerina sphagnicola	0,08	68300±4608	5464	0,0003
Ґрунт	874120	2133*	1864729960	95,634
Всього			1949893196	100

Примітка: * – середньозважена питома активність ^{137}Cs , Бк/кг

Частку компонентів болотної екосистемі в утриманні сумарної активності ^{137}Cs узагальнено на рисунку 2.

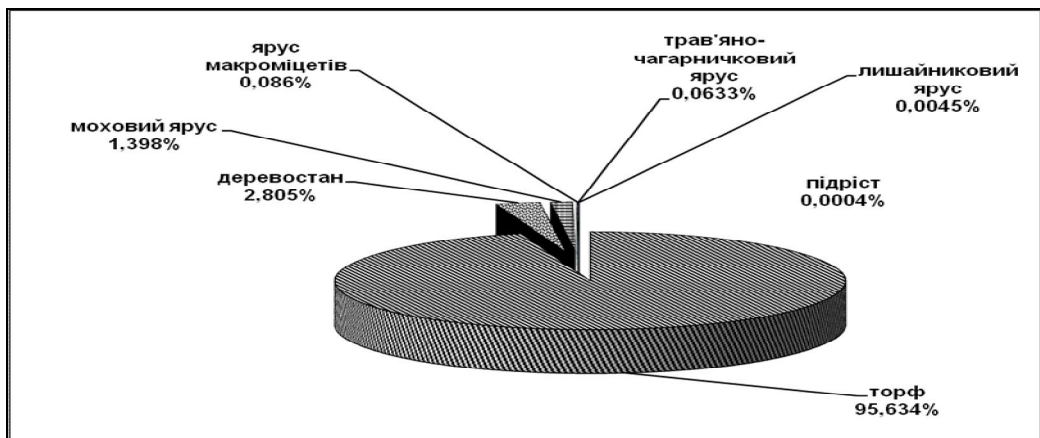


Рис. 2. Розподіл ^{137}Cs в лісоболотній екосистемі

Дані таблиці 1 та рисунку 2 демонструють, що найбільшу частку сумарної активності ^{137}Cs в екосистемі соснового лісу утримує торф – 95,634 %, відповідно компоненти фітоценозу утримують 4,366 % валового запасу ^{137}Cs даної екосистемі. Деревний ярус утримує найбільшу частку валового запасу ^{137}Cs , порівняно з іншими ярусами рослинності, – 2,805 %. Роль усіх інших ярусів в даній екосистемі є незначною і коливається від 0,0004 % у підросту до 1,398 % у ярусі мохів.

Значний інтерес становить порівняльний аналіз розподілу частки фітомаси ценозу, що утворюється його ярусами, та частки активності ^{137}Cs в останніх у даній екосистемі (рис. 3–4).

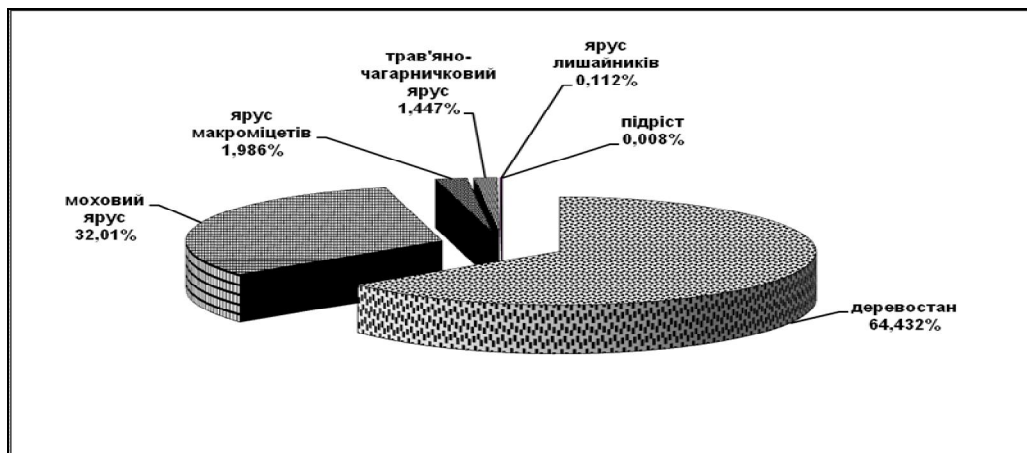


Рис. 3. Розподіл фітомаси ценозу за ярусами рослинності

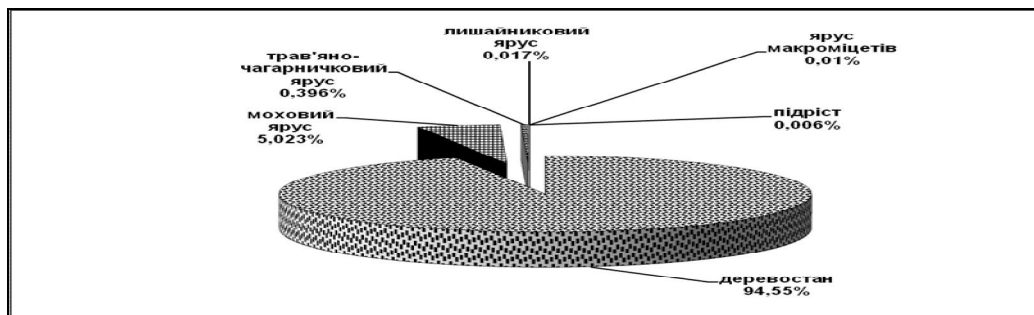


Рис. 4. Розподіл активності ^{137}Cs за ярусами рослинності

Дані рисунку 3 свідчать про те, що у складі фітомаси ценозу в умовах сирого субору домінує деревний ярус – 94,55 %. Значна частка фітомаси також припадає на моховий ярус – 5,023 %; частка фітомаси решти ярусів рослинності даної екосистеми є незнаною (0,006–0,396 %). Закономірності розподілу сумарної активності ^{137}Cs за ярусами рослинності (рис. 4) в цілому відповідають розподілу їх фітомаси. Так, максимальну частку активності ^{137}Cs фітоценозу утримують відповідно деревний (64 %) та моховий яруси (32 %). Таким чином, в екосистемі сирого субору цілком можливо виділити три ключові компоненти екосистеми – ґрунт, деревостан та моховий ярус, які у сумі утримують 99 % валового запасу ^{137}Cs лісоболотної екосистеми, визначаючи тим самим інтенсивність біологічного колообігу радіонукліду в даній екосистемі.

За середньозваженим значенням питомої активності ^{137}Cs у ярусах рослинності побудований ранговий ряд: ярус макроміцетів (1688120 Бк/кг) > трав'яно-

чагарничковий ярус (22732 Бк/кг) > ярус лишайників (12220 Бк/кг) > моховий ярус (5418 Бк/кг) > ярус підросту (1322 Бк/кг) > ярус деревостану (579 Бк/кг).

Висновки

1. Найбільша питома активність ^{137}Cs у сосни звичайної спостерігається у 1-річних пагонах – 3524 Бк/кг, а найменша – у деревині без кори – 326 Бк/кг.

2. Серед представників трав'яно-чагарничкового ярусу найбільша питома активність ^{137}Cs спостерігається у *Calluna vulgaris* – 4678 Бк/кг, найменша – у *Eriophogon vaginatum* – 583 Бк/кг. Висока питома активність радіонуклідів спостерігається у лікарських та ягідних видах, що обмежує їх використання.

3. Вміст ^{137}Cs у моховому ярусі варіює від 4934 до 5450 Бк/кг.

4. У ярусі лишайників висока питома активність ^{137}Cs є характерною у представників епігейних лишайників й менша – для епіфітних.

5. З макроміцетів максимальна питома активність ^{137}Cs спостерігається у плодових тілах *Paxillus involutus*, *Suillus variegatus*, *Lactarius rufus*, а мінімальна – у *Galerina sphagnicola*.

6. У болотних ґрунтах найбільша питома активність ^{137}Cs є характерною для шару очосу на глибині 15–20 см.

7. Компоненти фітоценозу утворюють такий рангований ряд за середньозваженими значеннями питомої активності ^{137}Cs : ярус макроміцетів > трав'яно-чагарничковий ярус > моховий ярус > ярус лишайників > ярус підросту > ярус деревостану.

Перспективи подальших досліджень полягають у порівняльному аналізі розподілу ^{137}Cs у лісоболотних екосистемах різного мінерального живлення – оліготрофного, мезотрофного та евтрофного; насадженнях різного породного складу та повноти; на торф'яних ґрунтах різної глибини.

Література

1. Орлов О.О. Головні закономірності міграції ^{137}Cs та розподілу його валового запасу в екосистемах лісових сфагнових боліт Полісся України / О.О. Орлов, С.П. Ірклієнко // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 1999. – Вип. 20. – С. 60–68.
2. ^{137}Cs availability for soil-to-understory transfer in defferent tupes of forest ecosystems / S.V. Fesenko, N.V. Soukhova, N.I. Sanzharova, R.Avila et al. // J. Total Environ. – 2001. – Vol. 269. – № 1–3. – P. 87–103.
3. Сніжко С.І. Гідрохімія та радіогеохімія річок і боліт Житомирської області / С.І. Сніжко, О.О. Орлов. – Житомир : Волинь, 2002. – 262 с.
4. Юнатов А.А. Заложение экологических профилей и пробных площадей / А.А. Юнатов // Полевая геоботаника / под общ. ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина. – М.–Л. : Наука. Ленинград. отд-е, 1964. – Т. III. – С. 9–35.
5. Соколов Н.Н. Геоморфологические наблюдения при геоботанических исследованиях / Н.Н. Соколов // Полевая геоботаника / под общ. ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина. – М.–Л. : Наука. Ленинград. отд-е, 1959. – Т. I. – С. 79–98.

6. *Корчагин А.А.* Видовой (флористический) состав растительных сообществ и методы его изучения / *А.А. Корчагин* // Полевая геоботаника / под общ. ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина. – М.–Л. : Наука. Ленинград. отд-е, 1964. – Т. III. – С. 39–59.
7. *Корчагин А.А.* Структура растительных сообществ / *А.А. Корчагин* // Полевая геоботаника / под общ. ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина. – М.–Л. : Наука. Ленинград. отд-е, 1976. – Т. 5. – 320 с.
8. *Рожнова Т.А.* О методике полевого изучения почв при геоботанических исследованиях / *Т.А. Рожнова* // Полевая геоботаника / под общ. ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина. – М.–Л. : Наука. Ленинград. отд-е, 1959. – Т. I. – С. 227–241.
9. *Васильева Л.Н.* Изучение макроскопических грибов (макромицетов) как компонентов растительных сообществ / *Л.Н. Васильева* // Полевая геоботаника / под общ. ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина. – М.–Л.: Наука. Ленинград. отд-е, 1959. – Т. I. – С. 387–397.
10. *Анучин Н.П.* Лесная таксация / *Н.П. Анучин*. – М. : Лесная промышленность, 1977. – 512 с.
11. *Родин Л.Е.* Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах / *Л.Е. Родин, Н.П. Ремезов, Н.И. Базилевич*. – Л. : Наука. Ленинград. отд-е, 1968. – 145 с.
12. *Лакин Г.Ф.* Биометрия / *Г.Ф. Лакин*. – М. : Высшая школа, 1973. – 348 с.