

І. ЛІСОЗНАВСТВО, ЛІСІВНИЦТВО, ЛІСОВА НАУКА І ОСВІТА

УДК 630*1

*Проф. Г.Т. Криницький, д-р біол. наук;
доц. В.К. Заїка, канд. с.-г. наук – УкрДЛТУ*

ЕЛЕКТРОФІЗІОЛОГІЧНА РЕАКЦІЯ КУЛЬТУР СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ НА ВИСОКІ РІВНІ ХРОНІЧНОГО РАДІАЦІЙНОГО ОПРОМІНЕННЯ

Вивчено особливості проходження біоелектричних потенціалів у дерев сосни звичайної в умовах дії високих доз хронічного радіаційного опромінення. Ступінь радіаційного ураження дерев впливає на їх біоелектричну активність та денну динаміку у різні періоди вегетаційного розвитку. Виявлено зростання абсолютних показників біоелектричних потенціалів кореневої шийки у дерев з високим відновлювальним потенціалом, та зниження в ослаблених радіаційним опроміненням екземплярів.

Prof. Hr.T. Krynytskyi; doc. V.K. Zaika – USUFWT

The electric-physiological reaction of the plantations of *Pinus silvestris* L. on high level chronic radiation

Studied features of passing of bioelectric potentials for trees of a *Pinus silvestris* L. in conditions of effect of high doses of chronic radiation. The degree of a radiation defeat of trees influences their bioelectric activity and daytime dynamic in different periods of vegetation development. The increase of absolute metrics of bioelectric potentials of root nick for trees with a high reduction potential and lowering for copies, attenuated by radiation is detected.

Біоелектричні потенціали дослідники використовують для характеристики стану рослин. Встановлено, що в нормальних умовах середовища високими абсолютними показниками БЕП характеризуються здорові, добре розвинуті швидкокорослі дерева [1, 4]. Радіаційно уражені дерева сосни характеризуються індивідуальною електрофізіологічною реакцією на радіаційне опромінення. Іонізуюча радіація впливає не тільки на інтенсивність біоелектричних потенціалів, а й на характер їх денної динаміки [2, 3]. Електрофізіологічна реакція деревних рослин в умовах хронічного радіаційного впливу залишається не вивченою. Зважаючи на великі площі радіаційного забруднення лісів такі дослідження є актуальними і вимагають охоплення широкого спектру радіаційного ураження рослин.

Мета роботи – вивчити біоелектричну активність сосни звичайної, яка зростає в умовах високих доз хронічного радіаційного опромінення.

Об'єктами досліджень служили культури сосни звичайної, які було створено в 1989 році на території "рудого лісу", де відзначається висока щільність радіаційного забруднення ґрунту. У 1997 р. у них закладено радіологічний профіль довжиною 280 м. На профілі виділено 18 точок, на 16 з яких зростає сосна звичайна. Для проведення досліджень у кожній точці підібрано по три характерних модельних дерева. Паралельно з проведенням фі-

зіолого-біохімічних дослідження вивчали ріст, стан та особливості нагромадження деревами радіонуклідів, які визначають ступінь хронічного інкорпорованого радіаційного опромінення (табл. 1).

Табл. 1. Біометрична та радіологічна характеристика дерев радіологічного профілю, 1999 рік

№ дере- ва	Біометричні показники			Радіологічні показники		Стан
	висо- та, см	діаметр кореневої шийки, мм	приріст, см	експозиційна доза γ-випромінювання, мР/год.	активність хвої за ^{137}Cs , кБк/кг	
1	205	107	10	2,6	5214	незадов.
2	197	96	21	2,7	6850	незадов.
4	269	90	21	1,2	3830	незадов.
5	178	101	21	2,5	7949	незадов.
6	235	80	27	1,5	8217	незадов.
7	259	117	32	1,0	8256	незадов.
8	386	122	30	0,5	567	задов.
9	234	119	14	1,5	3349	незадов.
10	218	104	24	1,5	953	незадов.
12	252	129	23	2,0	4962	незадов.
13	296	94	20	0,5	327	задов.
14	352	117	49	1,0	1654	задов.
15	331	128	29	1,5	2558	задов.
16	194	100	16	3,0	9803	незадов.
17	333	121	36	2,0	3365	задов.
18	299	125	30	3,8	1827	задов.

Висота дерев сосни на профілі становить 178...386 см, приріст за висотою – 10...49 см, а діаметр кореневої шийки – 80...129 мм. Стан більшості дерев радіологічного профілю є незадовільним (табл. 1). Коливання експозиційної дози γ – випромінювання під кронами модельних дерев змінюється від 0,5 до 3,8 мР/год. Дерев нагромаджують у різних органах велику кількість радіонуклідів. Активність їх хвої за ^{137}Cs у середині вегетаційного періоду становить 327...9803 кБк/кг абс. сух. маси.

Біоелектричні потенціали дерев вивчали на рівні кореневої шийки з відведенням електродів "коренева шийка – земля" за методикою Г.Т. Криницького [1]. Для вимірювання біопотенціалів використовували високоомний біопотенціалметр і неполяризаційні хлорсрібні електроди.

Величина біоелектричних показників кореневої шийки модельних дерев на радіологічному профілі має чітко виражений сезонний характер (табл. 2). Найбільшими абсолютними значеннями біоелектричних потенціалів характеризується сосна на початку вегетації, коли у дерев активно функціонують ростові меристеми. У цей період середньоденні значення біопотенціалів кореневої шийки дослідних дерев становили –49,8...–91,6 мВ. У середині вегетації (третя декада липня) вони знизились до –35,0...–72,9 мВ, а в кінці (друга половина вересня) – до –18,1...–50,9 мВ. Протягом сезону змінюється також мінливість біоелектричних потенціалів кореневої шийки дерев у денній динаміці. На початку вегетаційного періоду коефіцієнт варіації

становив 11,9...31,3 %, в середині – він зріс до 14,1...42,3 %, а в кінці – до 27,0...67,8 % (табл. 2).

Табл. 2. Середньоденні електрофізіологічні показники модельних дерев культур сосни звичайної на радіологічному профілі

№ моделі	Біоелектричні потенціали, мВ					
	25.05.99 р.		21.07.99 р.		19.09.98 р.	
	$M^{\pm m}$	V, %	$M^{\pm m}$	V, %	$M^{\pm m}$	V, %
1	-91,6 $^{\pm 2,5}$	13,1	-56,2 $^{\pm 2,4}$	21,2	-47,3 $^{\pm 3,3}$	32,3
2	-62,6 $^{\pm 3,0}$	20,1	-50,3 $^{\pm 2,9}$	24,6	-34,3 $^{\pm 3,0}$	40,0
4	-92,6 $^{\pm 2,9}$	13,4	-49,0 $^{\pm 3,1}$	27,0	-45,1 $^{\pm 2,7}$	27,0
5	-49,8 $^{\pm 2,5}$	20,9	-46,1 $^{\pm 4,6}$	42,3	-18,1 $^{\pm 2,1}$	53,3
6	-68,2 $^{\pm 3,4}$	21,4	-72,9 $^{\pm 4,8}$	27,7	-36,9 $^{\pm 2,9}$	36,0
7	-81,1 $^{\pm 4,5}$	19,2	-62,8 $^{\pm 6,7}$	37,0	-50,9 $^{\pm 4,1}$	29,8
8	-79,5 $^{\pm 3,4}$	17,9	-65,7 $^{\pm 3,0}$	19,4	-55,3 $^{\pm 3,5}$	29,1
9	-74,5 $^{\pm 3,7}$	17,4	-59,6 $^{\pm 4,8}$	28,1	-43,3 $^{\pm 4,7}$	40,4
10	-78,4 $^{\pm 5,8}$	31,3	-65,9 $^{\pm 3,1}$	20,3	-38,4 $^{\pm 4,0}$	47,9
12	-82,1 $^{\pm 2,9}$	12,2	-61,8 $^{\pm 4,1}$	23,7	-47,7 $^{\pm 4,2}$	32,9
13	-61,3 $^{\pm 2,1}$	11,9	-36,8 $^{\pm 1,5}$	14,1	-34,6 $^{\pm 4,3}$	46,8
14	-69,7 $^{\pm 4,7}$	28,7	-56,1 $^{\pm 3,2}$	24,3	-37,2 $^{\pm 2,4}$	29,2
15	-58,7 $^{\pm 3,4}$	24,8	-35,3 $^{\pm 2,5}$	30,1	-30,0 $^{\pm 3,5}$	53,1
16	-63,4 $^{\pm 2,5}$	16,4	-46,3 $^{\pm 3,1}$	28,5	-25,6 $^{\pm 1,6}$	28,9
17	-75,8 $^{\pm 3,4}$	19,1	-35,0 $^{\pm 2,5}$	30,5	-24,0 $^{\pm 3,5}$	67,1
18	-69,0 $^{\pm 5,1}$	31,2	-37,7 $^{\pm 2,0}$	22,9	-28,3 $^{\pm 2,7}$	43,5

Серед дослідних дерев сосни звичайної високою біоелектричною активністю протягом всієї вегетації виділяються дерева 1, 4, 7, 8, 12, середньою – 6, 9, 10, 14 і найнижчою – 2, 5, 13, 15, 16, 17, 18 (табл. 2, рис. 1).

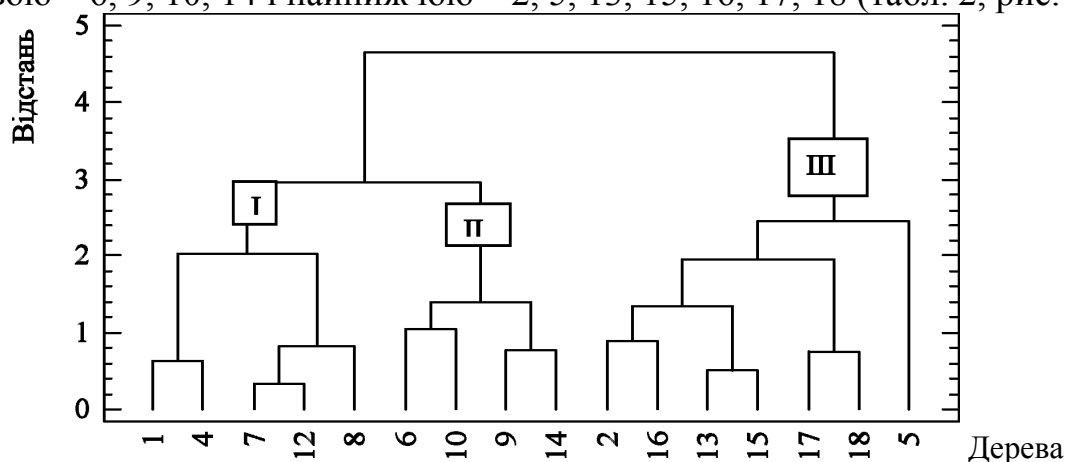


Рис. 1. Дендрограма зв'язків між деревами сосни звичайної радіологічного профілю за величиною біоелектричних потенціалів у різні періоди вегетаційного розвитку (метод далекого сусіда, евклідова відстань)

В умовах хронічного радіаційного впливу величина біопотенціалів прямо не пов'язана зі станом рослин та інтенсивністю їх росту. Кореляційний зв'язок між біометричними показниками дерев і величиною біоелектричних потенціалів виявився слабким. Біоелектричні потенціали в сильно радіаційно уражених дерев з низькою інтенсивністю росту можуть зростати і знижуватись. У будь-якому випадку вони відображають інтенсивність життєвих процесів, які проходять у рослинному організмі. Збільшення біоелектричної ак-

тивності в опромінених дерев характеризує високу здатність організмів до мобілізації внутрішнього потенціалу на протидію радіаційному ураженню клітин, клітинних структур, тканин і органів. В окремих дуже ослаблених хронічним радіаційним опроміненням дерев біоелектрична активність залишається низькою. Вони характеризуються слабкою здатністю до репараційного відновлення уражених радіацією структур.

Сильно уражені дерева радіологічного профілю, які відзначаються незадовільним станом, наявністю радіоморфозів проявляють у процесі вегетації різну електрофізіологічну активність. Переважна кількість дерев цієї категорії (1, 4, 6, 7, 9, 10, 12) характеризується високими або середніми абсолютними показниками біоелектричних потенціалів кореневої шийки (табл. 2, рис. 1). Водночас, сильно уражені моделі 2, 5, 16 відзначаються низькими біоелектричними показниками. Очевидно, в них процеси радіаційного ураження переважають над процесами відновлення. Серед дерев із добрим станом особливо виділяються моделі 8 і 14 середньою і високою біоелектричною активністю, що свідчить про зростання в них процесів радіаційного ураження.

У денному аспекті динаміка біоелектричних потенціалів у моделей радіологічного профілю у різні періоди вегетаційного розвитку характеризується певними особливостями (рис. 2). Так, на початку вегетаційного періоду денні біопотенціалограми у переважної кількості дерев радіологічного профілю характеризуються високим ступенем подібності. Зокрема, у них спостерігається збільшення абсолютних значень БЕП до 11...12 години (в окремих дерев до 14 години) і зменшення у другій половині дня. У середині вегетації (друга половина липня) відзначено збільшення індивідуальної мінливості дерев за характером денної динаміки БЕП (рис. 2). Так, у великій групі дерев (5, 6, 8-10, 12, 17, 18) спостерігається значне зменшення абсолютних значень БЕП у ранковий період (до 11 години) і збільшення до 13...14 години та зменшення у другій половині дня. В інших дерев (4, 2, 7, 14, 15) рівень біоелектричної активності залишався практично незмінним впродовж першої половини дня і незначно знижувався у другій його половині. У третьої групи дерев (1, 13, 16) біопотенціали впродовж дня змінювались дуже слабо.

У кінці вегетації всі моделі у ранковий період характеризуються значно вищими абсолютними показниками біоелектричних потенціалів кореневої шийки, ніж у вечірній. За характером біопотенціалограм у кінці вегетації дерева можна розділити на три групи:

- а) дерева з різким спадом абсолютних величин БЕП протягом всього дня (моделі 2, 6, 7, 13 і 14);
- б) дерева з різким спадом БЕП у першій половині дня і стабілізацією у другій (моделі 1, 4, 5 і 16);
- в) дерева з різким спадом БЕП у першій половині дня і ростом (в межах 10-20 мВ) у другій його половині (моделі 8, 9, 10, 12, 15, 17 і 18).

Спад біоелектричних потенціалів у моделей другої і третьої груп триває впродовж різного часу. В одних моделей (1, 4, 13 і 18) він припиняється вже близько 12...13 години, а в інших (8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17) ще продовжується до 15 години і довше. Такі особливості в проходженні метаболічних

процесів зумовлені ступенем радіаційного опромінення та індивідуальною реакцією радіаційно уражених дерев на динаміку мікрокліматичних факторів.

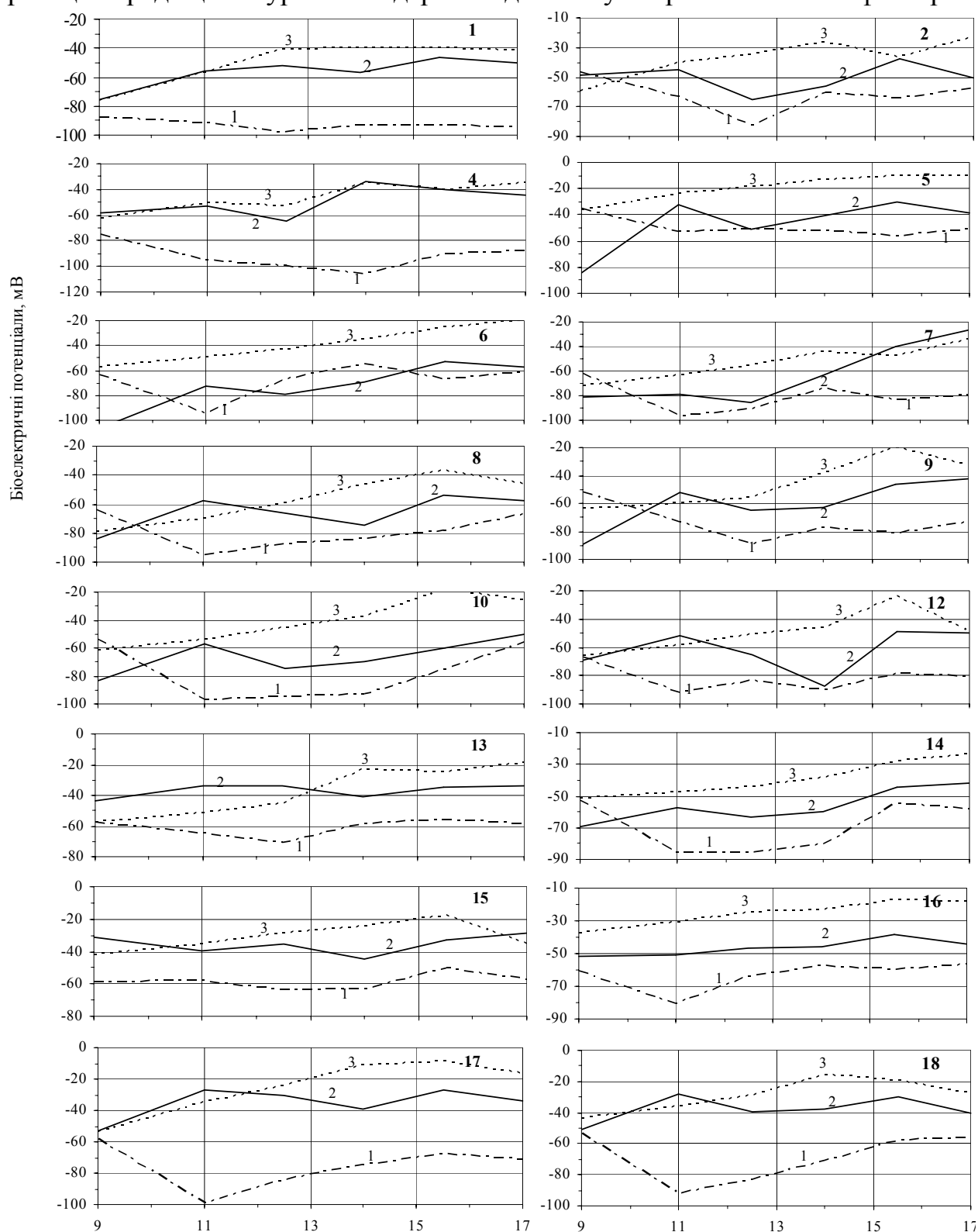


Рис. 2. Денна динаміка біоелектричних потенціалів дерев радіологічного профілю: 1 – початок вегетаційного періоду; 2 – середина; 3 – кінець

Виявлені відмінності за інтенсивністю біоелектричної активності модельних дерев радіологічного профілю і особливостями проходження денної динаміки біоелектричних потенціалів у різні періоди вегетаційного розвитку пов'язані з проявом ростової активності, напрямком та інтенсивністю метабо-

лічних перетворень. У першій половині вегетаційного періоду в дерев спостерігається висока активність меристемних тканин. Вони у цей період характеризуються найнижчою радіостійкістю, інтенсивно пошкоджуються радіаційним випромінювання і вимагають значного притоку асимілятів для забезпечення ростових і репараційних процесів. Характерно, що висока біоелектрична активність на початку вегетаційного періоду підтримується впродовж усього дня (рис. 2). Лише в ранковий період (9...10 години) величина біоелектричних потенціалів в окремих дерев на початку вегетації виявилась нижчою, ніж в середині вегетації.

Рослини, що зазнали середнього і особливо сильного радіаційного впливу, характеризуються високим рівнем окислювальних процесів. Так, коефіцієнти кореляції між денною динамікою інтенсивності фотосинтезу і динамікою абсолютних параметрів БЕП у рослин на радіологічному профілі є, як правило, середніми, або високими (табл. 3). Причому, на початку вегетаційного розвитку величина зв'язку є нижчою, ніж в середині і в кінці.

Табл. 3. Тіснота зв'язку між денною динамікою інтенсивності фотосинтезу і біоелектричних потенціалів модельних дерев на радіологічному профілі

№ дерева	Коефіцієнт кореляції		
	25.05.99 р.	21.07.99 р.	19.09.98 р.
1	-0,501	-0,951	-0,765
2	-0,291	-0,450	-0,968
4	-0,138	-0,918	-0,954
5	0,845	-0,013	-0,862
6	-0,401	0,114	-0,866
7	0,068	-0,897	-0,952
8	-0,691	-0,523	-0,538
9	-0,467	-0,961	-0,974
10	0,424	-0,982	-0,936
12	0,079	-0,879	-0,587
13	-0,996	-0,661	-0,930
14	-0,123	-0,818	-0,969
15	0,439	-0,702	-0,368
16	-0,656	-0,572	-0,867
17	-0,971	-0,705	-0,969
18	-0,169	-0,195	-0,617

Особливо необхідно відзначити моделі 1, 9, 10, 13, 14, 16 і 17, у яких кореляція протягом вегетації є середньою і тісною.

Таким чином, рослини, що функціонують в умовах довготривалого хронічного опромінення, велику кількість асимілятів використовують на репараційні процеси, які вимагають великих енергетичних витрат. Тому, радіаційно уражені рослини характеризуються ослабленим ростом і загальним станом.

Література

1. Криницкий Г.Т. Биозлектрический метод определения жизнеспособности древесных растений на начальных этапах онтогенеза: Препр./ Баку: 1990, № 85. – 61 с.
2. Криницкий Г.Т., Заика В.К., Кучма Н.Д. Электрофизиологическая реакция деревьев сосны обыкновенной на радиационное поражение в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС// Тезисы докладов международной научн.-техн. конф-и. – Чернобыль, 1996. – С. 341.

3. Криницький Г.Т., Заїка В.К. Вплив іонізуючого випромінювання на електрофізіологічну активність сосни звичайної// Проблеми сучасної екології: Матеріали українсько-польського семінару "Сучасна екологія і екологічна патологія людини", 8-10 жовтня 1997 року. – Львів, 1997. – С. 58-61.

4. Криницький Г.Т., Заїка В.К. Вплив особливостей формування молодих півсібсових насаджень сосни звичайної на біоелектричну активність дерев// Наук. вісник УкрДЛТУ: Природничі дослідження на Розточчі. – Львів: УкрДЛТУ. – 1995, вип. 4. – С. 153-160.

УДК 557.4+581.55+630

*Акад. НАН України, проф. М.А. Голубець,
д-р біол. наук – Інститут екології Карпат НАН України*

ЛІСОВА ТИПОЛОГІЯ – НАУКОВА ОСНОВА КУЛЬТУРИ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА

Коротка історія розвитку лісової типології, найважливіші риси лісівничо-екологічної класифікації П.С. Погребняка – Д.В. Воробйова, розвиток наукових принципів класифікації лісової рослинності, практичних засад її використання в лісгосподарському виробництві.

Ключові слова: лісова типологія, лісівничо-екологічна класифікація, тип лісу, тип лісорослинних умов, лісова формація, едафоцен, домінацен, біоморфоцен.

*Academician of NAS of Ukraine, prof. M.A. Holubets –
Institute of Ecology of the Carpathians, NAS of Ukraine*

Forest typology – a scientific ground of the forestry culture and efficiency

A short history of forest typology development, point features of forestry-ecological classification by P.S. Pogrebnyak – D.V. Vorobjov, view on the development of scientific principles of the forest vegetation classification and practical grounds of its use in forestry manufacture are presented.

Keywords: forest typology, forestry-ecological classification of forests, forest type, forest-vegetation condition type, forest formation, edafocen, dominacen, biogeomorphocen.

Минуло 115 років з часу, коли вперше відбулася початкова класифікація лісових рослинних угруповань. За цей час сформувалося чимало типологічних шкіл і наукових центрів, здобутки яких лягли в основу систематизації знань про просторову структуру й функціональну організацію лісостанів, закономірності їхнього територіального розподілу й особливості лісгосподарських виробництв у різних типах лісів та їхніх просторових об'єднань. Широко відомими є класифікації: франко-швейцарська еколого-флористична Й. Браун-Бланке, цюрихська еколого-фізіономічна Г. Гамса – Г. Мойзеля, німецька еколого-фізіономічна О. Друде, австрійська фітосоціологічна Е. Айхінгера, упсальська (шведська) структурна Г.Е. Дю-Ріє, фінська структурно-фізіономічна А. Каяндера, англо-американська еколого-динамічна Ф. Клементса, російська еколого-фітоценологічна В.М. Сукачова, еколого-динамічна Б.А. Івашкевича – Б.П. Колесникова, наша вітчизняна лісівничо-екологічна П.С. Погребняка – Д.В. Воробйова та ін. [1-3].

Поряд з найвизначнішими класифікаціями світового значення, зокрема Браун-Бланке, еколого-фітоценологічною В.М. Сукачова та еколого-фізіономічною Ф. Клементса, на особливу увагу заслуговує українська лісівничо-екологічна типологія П.С. Погребняка – Д.В. Воробйова. Найважливішими рисами, які вирізняють її серед інших класифікацій є: