

**ФІТОМАСА ТА ДЕПОНОВАНИЙ ВУГЛЕЦЬ У МОДАЛЬНИХ
ШТУЧНИХ ДУБОВИХ ДЕРЕВОСТАНАХ ПОДІЛЛЯ УКРАЇНИ**

Досліджено динаміку основних компонентів фітомаси та обсягів депонованого вуглецю в штучних дубових деревостанах Вінницької та Хмельницької областей.

Ключові слова: дуб звичайний, фітомаса, депонований вуглець, Поділля.

Assist. A.G. Lashchenko – National Agricultural University

**The phytomass and deposited carbon of artificial oak stands
of Podillya of the Ukraine**

The dynamics of main components of phytomass and deposited carbon stock of artificial planted oak stands of Vinnytsia and Khmelnytskyi region are analyzed.

Keywords: Oak common, the phytomass, deposited carbon, Podillia.

Більшість провідних науковців світу визнає, що основні екологічні задачі, які стосуються стану лісового біогеоценотичного покриву і його функціонування у біосфері, можливі для адекватного вирішення тільки за наявності надійної інформаційної бази. Остання має бути розгорнутою та опиратися на результати інвентаризації лісів і лісових земель на рівні окремої держави та її адміністративних районів [13]. У комплексі проблем глобальної екології провідне місце відводиться вуглецевому циклу лісів.

Проблема вмісту і динаміки вуглецю в екосистемах має особливий інтерес в останні 15-20 років у зв'язку зі збільшенням вмісту вуглекислого газу та очікуванням глобальних змін клімату [5, 16].

За оцінками вчених [3], при можливому збільшенні в найближчі 50-70 років в два рази вмісту CO₂ в атмосфері, середньорічна температура Землі може піднятися на 2-3 °С з найбільш прогнозованим шкідливим впливом у північних широтах взимку. За іншими даними, можливий рівень підвищення середньої температури сягне близько 4-5 °С.

Але навіть у випадку здійснення песимістичних прогнозів очікується прояв негативних для людства глобальних катаклізмів: танення полярних льодовиків [18], посилення частоти пожеж, засух у багатьох лісових і сільськогосподарських районах [3] і т. ін. Основними ж причинами підвищення рівня вмісту CO₂ вважаються спалювання різних видів викопного палива і знищення лісів [17]. Оскільки частка вуглецю у загальній біомасі планети становить за різними оцінками 550-1100 млрд. т, зрозуміло, що при невмілому та виключно споживацькому ставленні до екосистем існує реальна загроза їх зворотного негативного впливу на навколишнє середовище [16].

Враховуючи сказане вище і той факт, що лісові екосистеми містять за деякими оцінками [21] понад 75 % вуглецю, який акумульований у надземній рослинності, стає очевидним, яка надзвичайно важлива роль відводиться лісам при вивченні глобальних змін.

Варто зауважити, що протягом останнього десятиріччя різні вчені розробили всілякі моделі очікуваних просторових та часових трансформацій лісів

(в основному бореальних) та їх впливу на зміни лісових екосистем та атмосфери [16, 20]. Але саме така інформація передбачає наявність вихідних даних, зібраних та узагальнених, перш за все, на регіональних та державних рівнях.

Вивчаючи питання вуглецевих циклів, варто зауважити також, що "вуглець" і "фітомаса" – поняття нерозривні, оскільки "Выявление запасов углерода в растительности лесных экосистем есть не что иное как выявление запасов их фитомассы" [9, стор. 9]. Донедавна більшість дослідників використовували два підходи для вирішення задачі. Перший сформувався і набув широкого застосування під час виконання під егідою Міжнародного союзу біологічних наук (IUBS) Міжнародної Біологічної Програми (МБП, 1962-1972), метою досліджень якої було "... выявить зональные и высотные (в горных районах) закономерности продуктивности растительного покрова в связи с изменением факторов физико-географической среды" [9] з кінцевою метою – розроблення шляхів підвищення біологічної продуктивності біогеоценозів Землі. Основним методом отримання вихідної інформації про фітомасу в процесі проведення таких досліджень було закладання пробних площ у різних біомасах та їх структурних елементах.

Дані про фітомасу та річну продукцію лісів, отримані на пробних площах стаціонарів і при маршрутних дослідженнях, лягли в основу низки перших фундаментальних, деякою мірою, публікацій з біологічної продуктивності [1, 8, 11]. За часів виконання саме цієї програми в Україні за її методикою було проведено низку фундаментальних досліджень біологічної продуктивності різних порід [2, 7, та інші]. Водночас, являючись фактично першоосновною комплексних досліджень біологічної продуктивності, дані, отримані в процесі функціонування МБП, є практично непридатними для використання, оскільки отримані вони в більшості досліджень, проведених за досить не точними методами "середнього дерева". Запаси фітомаси і мортмаси, обраховані в ряді інших робіт [1], не можна вважати достовірними з тієї причини, що розрахунок їх проводився для "потенційної" рослинності, а не фактичної [14], що спотворює реальні оцінки. До того ж, як зауважують Алексеев, Бердсі [9], більшість інформації серед таких опублікованих даних не дає змоги прослідкувати ні запаси, ні динаміку вуглецю.

Інший шлях визначення запасів фітомаси (вуглецю) полягає в комплексному поєднанні для регіональних розрахунків даних двох видів: бази статистичних лісовпорядних даних та бази даних пробних площ (найчастіше – тимчасових), які містять інформацію про фракційні запаси фітомаси деревостану. Останній напрямок набув найширшого використання при дослідженні біологічної продуктивності як у зарубіжних країнах [14, 15], так і в нашій державі [6]. Використано цей підхід й у наших розрахунках.

Оцінка вуглецевого стоку в лісовій екосистемі, як згадувалося раніше, представляє собою, перш за все, оцінку фітомаси деревостану. З літературних джерел відомо [1], що перші спроби таких досліджень виконувалися шляхом простої екстраполяції даних фітомаси окремих пробних площ на значні лісові регіони або біоми, звичайно, зі значними завищеннями кінцевих результатів. Найбільш вживаними на сучасному етапі вивчення фітомаси

(вуглецю) в лісових системах вважаються методи, пов'язані з оцінкою відповідних показників через регресійне моделювання компонентів фракцій в абсолютних величинах або застосування перевідних коефіцієнтів із суміщенням в подальшому з банками лісовпорядної інформації [6, 14, 15]. Під перевідними коефіцієнтами (Ph_{fr}/M) розуміють, в такому випадку, відношення в абсолютно сухому стані фітомаси тієї чи іншої фракції (запасу вуглецю) до маси стовбурової деревини ($Ph_{fr}/M=M_{fr}/M_{st}$), або запасу стовбурової деревини ($Ph_{fr}/M=M_{fr}/M$) [15 та ін.]. Відомі також спроби використання різними науковцями в знаменнику як фактор у відношенні ($Ph_{fr}/M=M_{fr}/f$) об'єму стовбура, загальної (надземної та підземної) фітомаси, маси ліквідної деревини. Доведено [10, 15 та ін.], що оптимальними з причин адекватності, точності та зручності є метод з використанням перевідного коефіцієнта ($Ph_{fr}/M=M_{fr}/M$), який у спеціальній літературі отримав назву *конверсійного*.

Регресійні моделі конверсійних коефіцієнтів оцінки маси фракцій фітомаси штучних модальних дубняків Поділля в абсолютно сухому стані наведено в табл. 1 (для оцінки фітомаси стовбура – деревина стовбура в корі (Ph_{st}) – використовувалася модель "прямої" регресії).

Табл. 1. Множинні регресійні рівняння конверсійних коефіцієнтів (Ph_{fr}/M) оцінки компонентів фітомаси в штучних модальних дубняках Поділля

№ моделі	Модель регресії	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{табл}}$	R^2	m_{yx} , %
1.1	$Ph_{st} = 0,444 \cdot H^{0,983} \cdot G^{0,840}$	22,37	2,84	0,959	15,1
1.2	$Ph_b / M = 0,278 \cdot A^{-0,0750} \cdot D^{-0,348}$	3,13	2,84	0,725	0,36
1.3	$Ph_l / M = 0,820 \cdot H^{-1,109} \cdot G^{-0,292}$	13,97	2,84	0,938	0,24
1.4	$Ph_{br} / M = 0,441 \cdot H^{-0,0508} \cdot G^{-0,475}$	2,95	2,84	0,661	0,72
1.5	$Ph_r / M = 1,509 \cdot H^{-0,734} \cdot G^{-0,238}$	19,70	2,84	0,956	0,31

Як вихідну використано алометричну функцію. Розрахунок конверсійних коефіцієнтів здійснювався для таких фракції фітомаси деревостанів: кора стовбура (Ph_b); фракції фітомаси крони – листя (Ph_l) та гілки в корі (Ph_{br}); кореневі системи (Ph_r); m_{yx} – середньоквадратичне відхилення від регресії (помилка регресії), виражена у відсотках.

Використовуючи розроблені моделі та дані повидільного банку даних "Лісовий фонд України", наданого ВО "Укрдержліспроект", розраховали загальні обсяги фітомаси модальних штучних дубових деревостанів Поділля за класами бонітету, віку та повноти в розрізі окремих фракцій. Результати обчислень за класами продуктивності (як приклад) представлено в табл. 2.

Таким чином, застосування цього підходу дало змогу обрахувати загальні обсяги фітомаси в модальних штучних деревостанах дуба звичайного Поділля, які становлять 5886,5 тис. т. Розподіляється за фракціями вона таким чином: на стовбурову частку припадає 60,7 %, фракція кори стовбура становить 10,4 %, листя – 2,7 %, гілки – 12,3 %, кореневі системи становлять в загальній фітомасі 13,9 %. На думку Калініна [4], для дерев дуба звичайного у віці "молодняків" характерним є такий розподіл органічної маси за фракціями: стовбур 67,3-82,5 %, гілки 5,1-14,1 %, листя 1,9-2,6 %, корені 10,4-16,7 %. Неважко помітити, що наші дані, які характеризують фракційний

розподіл фітомаси в дубових деревостанах Поділля, фактично повністю узгоджуються з наведеними.

Табл. 2. Загальна фітомаса модальних штучних дубових деревостанів Поділля

Клас бонітету	Площа, га (% за площею)	Компонент фітомаси, тис. т / (%)				Загальна	в т.ч. ко- ра стов- бура
		стовбур в корі	листя	гілки	кореневі системи		
I ^c	185,5 (0,3)	15,33 (73,3)	0,44 (2,1)	2,48 (11,8)	2,67 (12,8)	20,92 (100)	2,36 (11,3)
I ^b	936,7 (1,6)	75,14 (73,1)	2,22 (2,2)	12,24 (11,9)	13,18 (12,8)	102,78 (100)	11,28 (11,0)
I ^a	9181,1 (15,4)	830,87 (73,8)	22,70 (2,0)	133,47 (11,8)	139,12 (12,4)	1126,16 (100)	118,65 (10,5)
I	29362,7 (49,1)	2535,91 (73,4)	72,14 (2,1)	412,66 (11,9)	435,63 (12,6)	3456,34 (100)	359,99 (10,4)
II	13658,9 (22,8)	669,86 (67,9)	31,68 (3,2)	128,29 (13,0)	156,78 (15,9)	986,61 (100)	106,46 (10,8)
III	4557,1 (7,6)	58,80 (45,2)	11,68 (9,0)	22,02 (16,9)	37,61 (28,9)	130,11 (100)	15,09 (11,6)
IV	1802,8 (3,0)	2,01 (3,5)	14,59 (25,3)	12,76 (22,1)	28,29 (49,1)	57,65 (100)	1,78 (3,1)
V	120,8 (0,2)	0,082 (1,4)	1,61 (27,5)	1,29 (22,1)	2,87 (49,0)	5,85 (100)	0,070 (1,2)
Разом	59805,6	4188,0	157,1	725,2	816,2	5886,5	615,7

Загальною закономірністю у розподілі органічної маси, на думку згаданого дослідника, є максимальна відносна кількість її нагромадження в стовбурі, потім по низхідній – в кореневих системах, гілках та асиміляційному апараті. Ця закономірність підтверджується отриманими в процесі досліджень результатами, принаймні для I^c-III класів бонітету (табл. 2). У нижчих класах бонітету (III-IV) найбільша частка у фітомасі припадає на фракцію кореневих систем (майже 50 %), а також компонентів крони – гілок та листя, які за обсягом фактично дорівнюють фракції коренів. У цих класах бонітету відносна частка асиміляційного апарату є найбільшою і становить більш ніж 25 %. Таким чином, можна припустити, що досягнення максимальної вигоди у користуванні деревиною лісу можливе за умови вирощування високобонітетних деревостанів. Дані табл. 2 свідчать також, що із зниженням класу продуктивності відносна частка стовбура поступово зменшується, в той час, як частки таких фракцій фітомаси, як листя, гілки крони та корені поступово зростають. Чіткої закономірності зміни з класом бонітету частки кори стовбурів не спостерігається, оскільки відносна участь її, фактично, із зміною класу продуктивності не змінюється (становить коло 11 %), за винятком найнижчих класів бонітету, де частка кори у загальній фітомасі становить 1-3 %.

У проведенні досліджень біологічної продуктивності деревостанів, окрім визначення загальних обсягів тієї, чи іншої фракції фітомаси, доволі цікавим та необхідним є дослідження саме динаміки маси окремих компонентів. Моделі динаміки фітомаси модальних штучних дубових деревостанів Поділля розроблялися на основі попередньо розроблених табл. 1.1-5 (табл. 1). Фрагмент одержаних нормативів (для I^a класу бонітету) подано в табл. 3.

Табл. 3. Динаміка фітомаси штучних модальних дубових деревостанів Поділля (Бонітет – I^a)

Вік, років	Деревостан										Частина, що вибирається										Загальний приріст фіто-маси, т·га ⁻¹	
	Фітомаса, т·га ⁻¹										Фітомаса, т·га ⁻¹											
	середня висо-та, м	середній ді-аметр, см	ствобур				крона		кореневі системи	загальна	середня висо-та, м	середній ді-аметр, см	деревина в корі	кора	крона		кореневі системи	загальна	поточ-ний			
			лістя	гілки	лістя	гілки																
10	4,3	3,8	7,9	2,3	1,58	2,90	17,9	3,7	2,0	1,3	0,4	0,41	0,92	1,22	4,2	22,1	2,21	-				
20	9,2	8,8	34,3	7,0	2,20	7,73	54,9	8,1	6,0	18,8	4,0	1,52	5,19	6,85	32,5	87,4	4,37	3,96				
30	13,8	13,7	68,8	11,6	2,55	12,82	98,8	12,4	10,2	28,2	4,6	1,35	7,21	7,10	43,9	142,7	4,76	5,53				
40	17,8	18,4	104,8	15,7	2,76	17,61	142,9	16,3	14,2	33,4	4,5	1,16	8,48	6,72	49,8	192,7	4,82	5,0				
50	21,3	22,8	138,7	19,0	2,90	21,90	183,5	19,8	17,9	35,7	4,2	0,99	9,16	6,14	52,0	235,5	4,71	4,28				
60	24,4	26,7	169,2	21,7	2,99	25,62	219,7	22,8	21,3	36,2	3,8	0,87	9,59	5,64	52,3	272,0	4,53	3,65				
70	26,9	30,3	195,9	23,9	3,06	28,81	251,0	25,3	24,4	35,4	3,4	0,77	9,67	5,11	51,0	302,0	4,31	3,00				
80	29,1	33,6	218,8	25,6	3,10	31,51	277,8	27,3	27,3	33,7	3,0	0,69	9,73	4,71	48,8	326,6	4,08	2,46				
90	30,9	36,5	238,3	26,8	3,14	33,78	300,4	28,9	29,8	31,6	2,6	0,61	9,30	4,19	45,7	346,1	3,85	1,95				
100	32,5	39,2	254,8	27,8	3,16	35,69	319,6	30,1	32,1	29,2	2,3	0,55	8,99	3,81	42,6	362,2	3,62	1,61				
110	33,7	41,5	268,7	28,6	3,18	37,29	335,7	30,9	34,2	26,8	2,0	0,50	8,59	3,46	39,4	375,1	3,41	1,29				

Табл. 4. Динаміка депонованого вуглецю в штучних модальних дубових деревостанах Поділля (Бонітет – I^a)

Вік, років	Деревостан										Частина, що вибирається										Загальна продуктивність, т С га ⁻¹
	середня висота, м	середній діаметр, см	вуглець, т С га ⁻¹						середня висота, м	середній діаметр, см	вуглець, т С га ⁻¹						загалом				
			ствобур		крона		загалом	ствобур			крона		загалом								
			деревина в корі	кора	лістя	гілки		деревина в корі			кора	лістя		гілки							
10	4,3	3,8	4,0	1,2	0,7	1,5	2,8	10,0	3,7	2,0	0,7	0,2	0,2	0,5	0,6	2,1	12,1				
20	9,2	8,8	17,2	3,5	1,0	3,9	5,4	30,9	8,1	6,0	9,4	2,0	0,7	2,6	3,4	18,1	49,0				
30	13,8	13,7	34,4	5,8	1,1	6,4	7,3	55,1	12,4	10,2	14,1	2,3	0,6	3,6	3,6	24,2	79,3				
40	17,8	18,4	52,4	7,9	1,2	8,8	8,9	79,2	16,3	14,2	16,7	2,3	0,5	4,2	3,4	27,1	106,2				
50	21,3	22,8	69,4	9,5	1,3	11,0	10,0	101,1	19,8	17,9	17,9	2,1	0,4	4,6	3,1	28,0	129,2				
60	24,4	26,7	84,6	10,9	1,3	12,8	10,9	120,5	22,8	21,3	18,1	1,9	0,4	4,8	2,8	28,0	148,5				
70	26,9	30,3	98,0	12,0	1,4	14,4	11,6	137,3	25,3	24,4	17,7	1,7	0,3	4,8	2,6	27,1	164,4				
80	29,1	33,6	109,4	12,8	1,4	15,8	12,2	151,5	27,3	27,3	16,9	1,5	0,3	4,9	2,4	25,9	177,4				
90	30,9	36,5	119,2	13,4	1,4	16,9	12,6	163,5	28,9	29,8	15,8	1,3	0,3	4,7	2,1	24,1	187,6				
100	32,5	39,2	127,4	13,9	1,4	17,8	13,0	173,5	30,1	32,1	14,6	1,2	0,2	4,5	1,9	22,4	195,9				
110	33,7	41,5	134,4	14,3	1,4	18,6	13,2	182,0	30,9	34,2	13,4	1,0	0,2	4,3	1,7	20,7	202,6				

Інформація щодо вуглецевих потоків була б також не повною без існування нормативів, придатних для інвентаризації вуглецевих сполук у лісових масивах. Такі нормативи, а саме таблиці динаміки депонованого вуглецю в штучних модальних дубняках Поділля, ми розробили і представили в табл. 4. Нормативною основою для їх побудови слугували таблиці динаміки компонентів фітомаси штучних модальних деревостанів дуба звичайного на Поділлі (табл. 3) та спеціальна методика [19], згідно з якою вуглець у компоненті фітомаси становить 0,5 – для здерев'янілої та 0,45 – для зеленої частин рослини від маси органічної речовини в абсолютно сухому стані.

Отримані в результаті проведення біопродукційних досліджень в штучних модальних дубняках Поділля експертні оцінки загальних обсягів фітомаси і депонованого вуглецю пропонуються до використання під час складання звітності постійними лісокористувачами, урядовими структурами щодо виконання взятих на себе зобов'язань на державному та міжнародному рівнях, які стосуються впровадження різних еколого-соціальних програм розвитку лісового сектора.

Література

1. **Базилевич Н.И.** Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. – М.: Наука, 1993. – 293 с.
2. **Білоус З.П., Вайнагий І.В., Голубець М.А.** та ін. Біологічна продуктивність смерекових лісів Карпат. – К.: Наук. думка, 1975. – 240 с.
3. **Будыко М.И., Израэль Ю.А., Маккракен М.С., Хект А.Д.** Предстоящие изменения климата. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 272 с.
4. **Калинин М.И.** Моделирование лесных насаждений. – Львов: Вища шк., 1978. – 205 с.
5. **Кобак К.И.** Биотические компоненты углеродного цикла. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 248 с.
6. **Лакида П.І.** Фітомаса лісів України. – Тернопіль: Збруч, 2002. – 254 с.
7. **М'якушко В.К.** Первинна біологічна продуктивність соснових лісів Українського Полісся// Укр. бот. журнал. – 1972, т.29, № 3. – С. 328-339.
8. **Родин Л.Е., Ремезов Н.П., Базилевич Н.И.** Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. – Л.: Наука, 1967. – 145 с.
9. **Углерод** в экосистемах лесов и болот России/ Под ред. Алексеева В.А., Бердси Р.А. – Красноярск: Ин-т леса РАН, 1994. – 197 с.
10. **Усольцев В.А.** Формирование банков данных о фитомассе лесов. – Екатеринбург: ИЛУО РАН, 1998. – 541 с.
11. **Уткин А.И.** Биологическая продуктивность лесов (методы изучения и результаты)// Итоги науки и техники: Лесоведение и лесоводство. – М.: ВИНТИ, 1975, т.1. – С. 9-189.
12. **Уткин А.И., Замолотчиков Д.Г., Коровин Г.Н.** и др.// Определение запасов углерода насаждений на пробных площадях: сравнение аллометрического и конверсионно-объемного методов. – Лесоведение. – 1997, № 5. С. 51-65.
13. **Уткин А.И., Замолотчиков Д.Г., Сухих В.И.** Влияние возрастного критерия лесных насаждений на точность региональных оценок запасов и депонирования углерода в фитомассе лесов// Экология. – 1999, № 4. – С. 243-250.
14. **Швиденко А.З., Нильсон С., Столбовой В.С.** и др. Опыт агрегированной оценки основных показателей биопродукционного процесса и углеродного бюджета наземных экосистем России. 1. Запасы фитомассы и мертвой растительной органической массы// Экология. – 2000, № 6. – С. 403-410.
15. **Швиденко А.З., Нильсон С., Столбовой В.С.** и др. Опыт агрегированной оценки основных показателей биопродукционного процесса и углеродного бюджета наземных экосистем России. 2. Нетто-первичная продукция экосистем// Экология. – 2001, № 2. – С. 83-90.
16. **Apps M.J. and Kurz W.A.** Assessing the role of Canadian forests and forest sector activities in the global balance. – Word Resource Rewiev, 3:333-444.

17. **Hampicke V.** Net tranfer of carbonbetween the land biota and the atmosphere, induced by man// Global carbon cycle. – 1979. – Report 13. – P. 219-237.
18. **Houghton R.A., Woodwell G.M.** Global climatic Change// Scientific American. – 1989. – T. 260. – P. 36-44.
19. **Matthews G.** The Carbon Contents of Trees/ Forestry Commission. Tech. Paper 4. – Edinburgh, 1993. – 21 p.
20. **Nisbet R.A., Botkin D.B.** Vegetation feedbacks and the prediction of future fluxes of the global carbon cycle// Proceed of the Intern. Workshop on Carbon cycling in boreal forest and sub-artic ecosystems biospheric responses and feedbacks to global change. – Corvallis: Oregon, 1993. – P. 209-214.
21. **Olson J.S., Watts J.A., Allison L.J.** Carbon in live vegetation of major world ecosystems// Scientific American, 1983. – P. 35-51.

УДК 338.2(477)

Наук. співроб. *І.П. Онуфрик* – УкрДЛТУ

ІННОВАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ В АБРАЗИВНІЙ ОБРОБЦІ ДЕРЕВИНИ ТА ДЕРЕВИННИХ МАТЕРІАЛІВ

Висвітлено питання розгортання інноваційних процесів в абразивній обробці деревини та деревинних матеріалів на прикладі створення абразивних інструментів Українським державним лісотехнічним університетом, які не мають аналогів у світовій галузевій практиці.

Scientific employee I.P. Onufryk – USUFWT

Innovative trends in the abrasive processing of wood and wood materials

The problems of advancing the innovative trends in the abrasive processing of wood and wood materials are presented. The course of innovative processes creation of abrasive instruments by the Ukrainian State University of Forestry and Wood Technology is described, which have no match in the world branch practice.

Основоположник теорії інновацій Й.А. Шумпетер вважав, що інноваційний процес – це виготовлення нового продукту, запровадження нового методу виробництва, освоєння нового ринку збуту, отримання нового джерела сировини, запровадження нових організаційних та інституційних форм [1].

Зміна поколінь техніки і технологій забезпечується постійним ходом інноваційних процесів. Інноваційні процеси – це:

- лінійне проведення наукової, науково-технічної, науково-виробничої, підприємницької та інноваційної діяльності;
- паралельно-послідовне проведення наукової, науково-технічної діяльності та комерціалізація нововведень;
- певні етапи життєвого циклу інновації;
- постійне фінансування інновацій [2].

Сьогодні відомі п'ять поколінь інноваційного процесу, які відображено у табл. 1.

У пакеті технічних новинок четвертої хвилі промислового розвитку гідне місце займають вітчизняні абразивні інструменти і обладнання для шліфування деревини, деревинних та інших матеріалів. Ця інноваційна продукція вперше створена в Українському державному лісотехнічному університеті (УкрДЛТУ) і є дереворізальним інструментом, який встановлюється на