

Полтавська державна аграрна академія

**ПРИРОДНО-РЕСУРСНИЙ ТА
ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛИ: НАПРЯМИ
ЗБЕРЕЖЕННЯ, ВІДНОВЛЕННЯ ТА
РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ**

Колективна монографія

За редакцією О.О. Горба,
Т.О. Чайки, І.О. Яснолоб

Полтава – 2019

УДК 631.6.02

П 77

Рецензенти:

В.В. Гамаюнова, д-р с.-г. наук, проф., завідувач кафедри землеробства, геодезії та землеустрою Миколаївського національного аграрного університету

В.М. Писаренко, д-р с.-г. наук, проф., завідувач кафедри захисту рослин Полтавської державної аграрної академії

М.М. Харитонов, д-р с.-г. наук, проф., професор кафедри загального землеробства та ґрунтознавства Дніпровського державного аграрно-економічного університету

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Полтавської державної аграрної академії (протокол № __ від 26.02.2019 р.)

П 77 Природно-ресурсний та енергетичний потенціали: напрями збереження, відновлення та раціонального використання : колективна монографія / за ред. О.О. Горба, Т.О. Чайки, І.О. Яснолоб. – П. : Видавництво ПП «Астроя», 2019. – 279 с.

ISBN 978-617-7669-29-5

У колективній монографії з позицій міждисциплінарного підходу викладено результати досліджень агроекологічних особливостей і перспективи збереження, відновлення та раціонального використання природних ресурсів в сучасних умовах. Розглянуто питання щодо соціально-правових і еколого-економічних проблем та особливостей збереження, відновлення й раціонального використання природно-ресурсного потенціалу. Наведено проблеми та перспективи технологічних і технічних рішень щодо збереження, відновлення та раціонального використання природних і енергетичних ресурсів. Визначено напрями вдосконалення сучасних енергетичних систем з метою збереження та раціонального використання природно-ресурсного та енергетичного потенціалів.

Колективна монографія є частиною НДДКР на тему «Концепція розвитку енергоефективних і енергонезалежних сільських територій задля зміцнення конкурентоспроможності національної економіки» Полтавської державної аграрної академії (номер державної реєстрації 0119U100028 від 10.01.2019 р).

Розраховано на науковців, викладачів, керівників і спеціалістів органів державного управління, фахівців агроформувань, аспірантів, студентів і всіх, хто цікавиться питаннями збереження, відновлення та раціонального використання природних ресурсів в сучасних умовах.

УДК 631.6.02

Автори вміщених матеріалів висловлюють власну думку, яка не завжди збігається з позицією редакції. За зміст матеріалів відповідальність несуть автори.

ISBN 978-617-7669-29-5

© Колектив авторів, 2019.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	4
РОЗДІЛ 1. АГРОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗБЕРЕЖЕННЯ, ВІДНОВЛЕННЯ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ В СУЧАСНИХ УМОВАХ	8
1.1. Вплив погодних умов на формування продуктивності озимого ячменю в Закарпатській області (<i>Л.Ю. Божко, О.А. Барсукова</i>)	8
1.2. З'ясування причинно-наслідкових змін механізму біотичної саморегуляції гідроекосистем водного басейну р. Кальміус (<i>Л.О. Василенко, О.Г. Жукова</i>)	14
1.3. Агрохімічні показники ґрунтів зони радіоактивного забруднення Волинської області (<i>О.М. Громик, О.В. Ільїна</i>)	25
1.4. Сапропелеві ресурси Волинської області та перспективи їх раціонального використання (<i>Л.В. Ільїн, М.П. Пасічник</i>)	31
1.5. Мікробіота ризосфери <i>Salix sp.</i> у різних агротехнічних умовах (<i>М.В. Кривцова, Н.Ю. Бобрик, Л. Шимон</i>)	37
1.6. Енергоефективність вирощування круп'яних культур для виробництва біопалива (<i>О.Ю. Нісходовська, Т.В. Марусей</i>)	44
1.7. Агрокліматична оцінка впливу осінньо-зимового періоду на продуктивність озимої пшениці (<i>А.М. Польовий, Л.Ю. Божко, О.О. Крисак</i>)	50
1.8. Структурна організація регіональної екомережі Полтавщини в контексті її розбудови (<i>Н.О. Смоляр</i>)	57
1.9. Практичні рекомендації щодо організації змішаних посівів городніх культур за умов органічного землеробства (<i>Т.О. Чайка, С.В. Пономаренко, О.В. Міщенко, С.В. Тараненко</i>)	64
РОЗДІЛ 2. СОЦІАЛЬНО-ПРАВОВІ ТА ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ ПРОБЛЕМИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЗБЕРЕЖЕННЯ, ВІДНОВЛЕННЯ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ	76
2.1. Особливості соціально-економічного розвитку сільських територій України (<i>В.І. Аранчій, Я.В. Радіонова, О.О. Горб, І.О. Яснолоб</i>)	76
2.2. Природно-рекреаційний потенціал України: місце і роль у забезпеченні сталого розвитку соціосистем (<i>О.В. Гаращук, В.І. Куценко</i>)	83
2.3. Теоретико-правові засади міжнародної нормативної регламентації використання природних ресурсів та охорони навколишнього середовища (<i>О.С. Кальян</i>)	91
2.4. Поводження з відходами в Україні: адміністративно-правовий аспект (<i>Ю.А. Козаченко</i>)	93

2.5. Економічні проблеми раціонального використання природно-ресурсного потенціалу України (І.С. Мареха, В.С. Миргородська)	103
2.6. Оцінка впливу на довкілля технології фрезерного способу добування торфу на торфородовищі «Велике Багно» Маневицького району Волинської області (І.М. Мерленко, С.П. Бондарчук, Р.В. Кірчук, С.Г. Панькевич, М.А. Федонюк)	109
2.7. Економічне стимулювання розвитку переробних виробництв на базі місцевих природно-ресурсних комплексів: генезис проблем та систематизація шляхів їх вирішення (О.М. Шубалий, П.М. Косінський)	118
РОЗДІЛ 3. ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ І ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ЗБЕРЕЖЕННЯ, ВІДНОВЛЕННЯ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ І ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ	129
3.1. Ультразвуковий моніторинг щільності ґрунту (Б.О. Антипчук)	129
3.2. Застосування кавітаційних технологій для вирішення проблеми раціонального використання водних ресурсів на підприємствах харчової промисловості (Н.Л. Бернацька, І.В. Тупіло)	135
3.3. Використання нетрадиційної рослинної сировини в технологіях м'ясних продуктів (А.П. Кайнаш, Н.В. Будник)	142
3.4. Вивчення показників безпечності хліба пшеничного у контексті вимог системи НАССР (О.В. Калашник, О.П. Юдічева, А.С. Ткаченко, Н.Ю. Молчанова)	151
3.5. Перспективи використання геотекстильних матеріалів для захисту земельних ресурсів (О.В. Кириченко, Г.О. Бірта, Л.В. Пелик)	158
3.6. Сучасні композитні матеріали на основі вуглецевих волокон: види, властивості, застосування (Г.Д. Кобищан, Ю.О. Басова)	163
3.7. Період зберігання зерна – як чинник підвищення його екологічної безпеки (В.А. Мазур, О.П. Ткачук, Л.А. Яковець)	172
3.8. Методи та моделі інтелектуального аналізу змінюваних у часі сільськогосподарських даних (Ю.Є. Мегель, О.Д. Міхнова, А.І. Рибалка)	179
3.9. Теоретические основы оценки качества кормовых смесей (А.Н. Омелян, В.Е. Крикунова, М.С. Самойлик, Н.И. Шиян, О.А. Крикунов, Т.В. Сахно)	186
3.10. Вивчення впливу хітозану на реологічні властивості гелів з білково-вуглеводно-мінеральною добавкою «Рекорд75» (Л.В. Пешук, О.Я. Горбач, О.О. Галенко)	198

3.11. Використання вторинної рослинної сировини в технології м'ясних продуктів з антиоксидантними властивостями (<i>Л.В. Пешук, Т.М. Іванова, Н.В. Будник</i>)	205
3.12. Проблеми та перспективи технологічних та технічних рішень щодо раціонального використання природних ресурсів (<i>О.М. Руденко</i>)	212
3.13. ГІС-технології оцінки стану довкілля у сучасному землеустрою (<i>Н.Г. Русіна, В.О. Люльчик</i>)	217
3.14. Інноваційні способи обробки вторинної сировини дикорослих ягід для отримання функціональних напоїв (<i>Т.Ю. Суткович, І.В. Чоні</i>)	224
3.15. Теоретичне обґрунтування вибору поліетиленової тари для тривалого зберігання плодоовочевої продукції (<i>Є.В. Хмельницька</i>)	229
РОЗДІЛ 4. НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СУЧАСНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ З МЕТОЮ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛІВ	237
4.1. Інноваційна технологія комплексної переробки торфу на композиційне паливо й гумінові добрива (<i>Д.М. Корінчук, В.Л. Дахненко</i>)	237
4.2. Сучасні тенденції та досвід використання відновлюваних джерел енергії в ЄС та Україні (<i>С.Е. Мороз</i>)	243
4.3. Стратегічний вибір альтернативних джерел енергії з урахуванням регіональних специфікацій (<i>І.В. Свіда</i>)	248
4.4. Особливості математичного моделювання динаміки високотемпературного сушіння біопалив (<i>Н.М. Сорокова, Д.М. Корінчук</i>)	254
4.5. Ресурсо- і енергозбереження в тепло технологіях (<i>Р.О. Шапар, О.В. Гусарова, Д.М. Корінчук</i>)	260
ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ	269

геотекстильні матеріали частково вирішує проблеми ерозії (водної, вітрової) ґрунтових покривів, утворення родючого шару ґрунту, озеленення територій. Біогеотекстильні матеріали сприяють швидкому росту рослин, утворенню щільного шару з корневих систем у досить короткий термін. Полотна із натуральних рослинних волокон утримують тепло і вологу, підтримуючи мікроклімат ґрунту.

3.6. Сучасні композитні матеріали на основі вуглецевих волокон: види, властивості, застосування

Кобищан Г.Д., Басова Ю.О.

Вищий навчальний заклад Укоопспілки

«Полтавський університет економіки і торгівлі»

Композитний матеріал (композит) – штучно створений неоднорідний матеріал, що складається із двох компонентів із чіткою межею поділу між ними, які не взаємодіють між собою аж до температури плавлення фаз [276].

Збільшення обсягів виробництва і розширення областей застосування композитних матеріалів, армованих волокнами, є загальносвітовою тенденцією. Композитні матеріали, замінюючи традиційні метали, все більш широко застосовуються в різних галузях промисловості, – в авіації, автомобілебудуванні, вітроенергетиці, суднобудуванні, індустрії спортивних товарів і широкого спектру товарів народного споживання.

До основних переваг композитних матеріалів відносяться властивості, завдяки яким вони мають більш високу міцність і стійкість до деформацій, розривів, стискання, зрізів і скручування. Окрім цього, вони є легшими за масою, зручними для транспортування і монтажу. Композити стійкі до хімічного впливу агресивного середовища, атмосферних опадів, здатні ефективно використовуватися в різних температурних режимах за несприятливих умов. Водночас вони цілком безпечні для навколишнього середовища і відповідають сучасним екологічним вимогам, що стимулює збільшення обсягів їх виробництва [277, 278].

Широке використання композитів на основі різних волокон дозволяє не тільки отримати унікальні за своїми властивостями матеріали, але і знизити викиди в атмосферу діоксиду вуглецю й економити паливо [279].

²⁷⁶ Бовсуновський А.П. Матеріалознавство : конспект лекцій з напрямку Хімічна технологія для студ. ден. форми навч. / А.П. Бовсуновський. – К. : НУХТ, 2012. – 54 с.

²⁷⁷ Композитные материалы. их отличии от других, традиционных изделий [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ezkm.ru/kompozitnyie-materialyi-i-technologii>.

²⁷⁸ Тялина Л.Н. Новые композиционные материалы : учебное пособие / Л.Н. Тялина, А.М. Минаев, В.А. Пручкин. – Тамбов : ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. – 80 с.

²⁷⁹ Ким С. Сырье – композиты-волокно / С. Ким // Октябрь 2014. – The Chemical Journal [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://tcj.ru/wp-content/uploads/2014/11/2014_10_63-73_PLAST-Syre.pdf.

За структурою композит є поєднанням двох складових: сполучної речовини (матриці) і армуючого матеріалу (рис. 1).

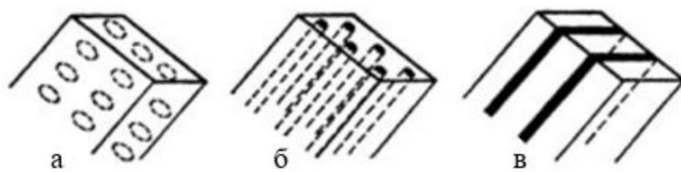


Рис. 1. Структура композитних матеріалів

Примітки: а – наповнених, б – волокнистих; в – шаруватих

Джерело: дані [276]

Армуючі елементи зазвичай зумовлюють необхідні механічні властивості матеріалу (міцність, жорсткість і т. д.), а матриця забезпечує спільну роботу армуючих елементів і захист їх від механічних ушкоджень та агресивного хімічного середовища. У композиті можливо поєднувати різні властивості: високу питому міцність і жорсткість, жароміцність, зносостійкість, необхідні термічні властивості та ін. Механічні властивості композитів визначаються трьома основними параметрами: міцністю армуючого волокна, жорсткістю матриці та міцності зв'язку на межі матриця-волокно [276, 277].

За видом армуючих матеріалів композити поділяють на:

- наповнені (рис. 1, а);
- волокнисті (рис. 1, б);
- шаруваті (рис. 1, в).

У *наповнені* композити штучно вводять дрібні рівномірно розподілені тугоплавкі частки карбідів, оксидів, нітридів та ін. Наповнені пластики відрізняються високою термостійкістю і опором плинності.

Арматурою у *волокнистих* композитах є волокна, нитки, стрічки, сітки, текстиль. Міцність і жорсткість таких матеріалів визначаються властивостями армуючих волокон, що сприймають навантаження.

Шаруваті пластики мають вигляд шарів листового наповнювача у матриці. Шари наповнювача в таких композитах можуть мати різну орієнтацію. Можливе почергове використання шарів наповнювача із матеріалів з різними механічними властивостями. Для шаруватих композицій зазвичай використовують неметалічні матеріали [276].

Як сполучні речовини для волокнистих композитів використовують скловолокно, базальтове, вуглецеве та арамідне волокна. Вуглецеві волокна мають ряд унікальних властивостей (міцність, довговічність, температурний діапазон застосування), що виділяє їх серед інших армуючих волокон. При цьому вуглецеві волокна є і найдорожчими (табл. 1).

Вуглецеві волокна переважають всі відомі волокнисті наповнювачі композитів за значеннями міцності та модуля пружності. Як видно з табл. 1, міцність на розтягування вуглеволокна у два рази, а модуль пружності майже у 10 разів вищі за аналогічні показники інших волокон.

При цьому питома вага вуглеволокон не перевищує 2 г/см³, що дозволяє отримувати конструкції удвічі легші за алюмінієві та уп'ятеро легші за сталеві [280].

1. Порівняльна характеристика армуючих волокон

Показник	Базальтове волокно	Скло-волокно	Арамідне волокно	Вуглецеве волокно
Міцність на розтягування, ГПа	2,5-3,0	3,1-4,3	2,9-3,4	3,5-7,0
Модуль пружності, ГПа	84-87	87-90	70-140	230-900
Відносне подовження при розриванні, %	3,1	5,3	2,8-3,6	1,5-2,0
Діаметр волокна, мкм	6-21	6-21	6-15	5-15
Текс	60-4200	400-4200	600-1800	600-2400
Температура застосування, °С	-260 – +600	-50 – +300	-50 – +290	-50 – +700
Вартість, \$/кг	2,5–3,0	2,5–3,5	25	15–500

Джерело: дані [281]

Вуглецеве волокно (міжнародна назва Carbon Fiber) [282, 283] – наноструктурований органічний матеріал, що складається з найтонших ниток діаметром 6–8 мікрон, утворених переважно атомами вуглецю, із вмістом вуглецю у волокнах 92–99,9 % [276]. У структурі волокна атоми вуглецю об'єднані в мікроскопічні кристали, вирівняні паралельно один одному (рис. 2).

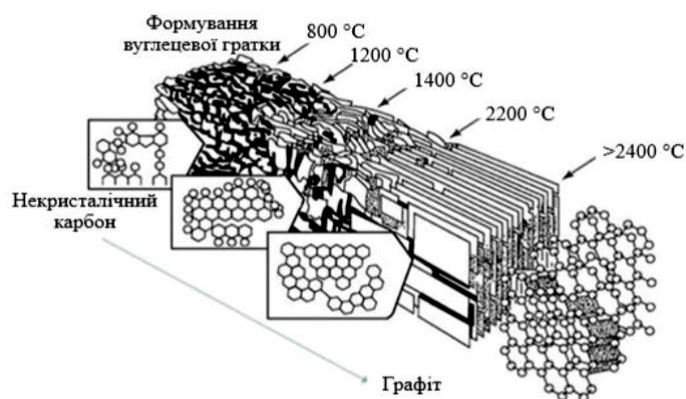


Рис. 2. Структура вуглецевого волокна

Джерело: дані [284]

Цей матеріал був вперше виготовлений і запатентований Томасом Едісоном в кінці 19 століття, є надміцним елементом, який можна

²⁸⁰ Состояние и перспективы производства и потребления углеродных волокон из нефтяных пеков [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://docplayer.ru/32877295-Sostoyanie-i-perspektivy-proizvodstva-i-potrebleniya-uglerodnyh-volokon-iz-neftyanyh-pekov-a-t.html>.

²⁸¹ Обзор рынка углеволокна в мире и СНГ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.infomine.ru/files/catalog/536/file_536_eng.pdf.

²⁸² Дорожная карта «Использование нанотехнологий в производстве углеродных волокон и продуктов на их основе» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.rusnano.com/upload/OldNews/Files/33652/current.pdf>.

²⁸³ Що таке карбон або вуглепластик, загальна інформація [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://akumulatory.com/shho-take-karbon-abo-vugleplastik-zagalna-informatsiya/>

²⁸⁴ Композиты ч. 2 (Углеволокно) [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.drive2.ru/b/1072027/>

отримати за допомогою методу обробки органічного волокна високими температурами [279].

Вуглецеві волокна отримують шляхом високотемпературних перетворювань без доступу повітря (процес гідролізу) з полімерних волокон (прекурсорів), що дають найбільший вихід вуглеводневого залишку при гідролізі. Їх структурно-хімічні особливості визначають повною мірою застосовувану технологію. Температурна обробка складається з декількох етапів. Перший з них представляє собою окислення вихідного (поліакрилонітрильного, вискозного) волокна у повітрі при температурі 250 °С протягом 24 годин. В результаті окислення утворюються сходинкові структури. Наступним етапом є карбонізація – нагрівання волокна у середовищі азоту або аргону за температури від 800 до 1500 °С. У результаті карбонізації відбувається утворення графітоподібних структур. Процес термічної обробки закінчується графітизацією при поступовому нагріванні від 1600 до 3000 °С, яка також проходить в інертному середовищі в електричній дузі. В результаті графітизації кількість чистого вуглецю у вуглецевому волокні доводиться до 99 % із уже встановленою кристалічною ґраткою [277, 285].

Як прекурсори для отримання вуглеволокна застосовують поліакрилонітрил (ПАН), віскозні нитки, гідратцелюлозу, звичайні або рідкокристалічні пеки та ін. [286].

2. Порівняльна характеристика показників механічних властивостей армуючих матеріалів

Волокно (дріт)	Густина, ρ , кг/м ³	Температура плавлення, $T_{пл}$, °С	Міцність, σ_B , МПа	Питома міцність σ_B/ρ , МПа/кг*м ⁻³
Алюміній	2 687	660	620	2 300
Азбест	2 493	1 521	1 380	5 500
Берилій	1 856	1 284	1 310	7 100
Карбід берилію	2 438	2 093	1 030	4 200
Вуглець	1 413	3 700	2 760	157
Скло Е	2 548	1 316	3 450	136
Скло S	2 493	1 650	4 820	194
Графіт	1 496	3 650	2 760	184
Молібден	0 166	2 610	1 380	14
Поліамід	1 136	249	827	73
Поліефір	1 385	248	689	49
Сталь	7 811	1 621	4 130	53
Титан	4 709	1 668	1 930	41
Вольфрам	19 252	3 410	4 270	22

Джерело: дані [287]

²⁸⁵ Попов А.Ю. Классификация, состав, достоинства и недостатки многокомпонентных композитных материалов [Електронний ресурс] / А.Ю. Попов, К.К. Госина, И.В. Петров та ін. – Режим доступу : <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-sostav-dostoinstva-i-nedostatki-mnogokomponentnyh-kompozitnyh-materialov>.

²⁸⁶ Армирующие волокна: виды углеродных волокон и углеродных волокнистых материалов [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://plastinfo.ru/information/articles/261/>

²⁸⁷ Углепластик – виды полотна [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://engitime.ru/statyi1/raznoe/ugleplastik-vidy-polotna.html>.

Основними механічними показниками вуглецевих волокон є межа міцності на розтягування стінки та межа міцності на одиницю об'єму, а також модуль еластичності, що визначає еластичність та здатність працювати на згині. Показники механічних властивостей суттєво залежать від орієнтації волокон, тобто вони є анізотропними. Композити на основі вуглецевих волокон мають наступні показники у порівнянні з іншими матеріалами (табл. 2).

Слід зазначити, що залежно від вихідної сировини (прекурсор) властивості отриманих вуглецевих волокон значно різняться (табл. 3).

3. Порівняльна характеристика властивостей вуглецевих волокон на основі різних прекурсорів

Прекурсор	Модуль пружності, ГПа	Міцність, ГПа	Густина, г/м ³	Діаметр, мкм
ПАН волокно	210-600	2,4-7,0	1,75-1,9	4-8
Пекове волокно	140-960	1,0-3,8	1,9-2,2	7-11
Віскозна нитка	20-60	0,35-0,7	1,4-1,5	6-10

Джерело: дані [280]

В даний час у світовій практиці найбільш широко в якості сировини для отримання вуглецевих волокон використовуються поліакрилонітрильні (ПАН) волокна або джгути, в значно менших обсягах виробляється вуглеволокно на основі мезофазних пеків і гідратцелюлози (віскози).

Завдяки унікальним властивостям вуглецевого волокна, композитні матеріали на його основі переважають всі відомі волокнисті композити за значеннями міцності, модулем пружності, опором втоми, хімічною, радіаційною і корозійною стійкістю. Пружно-міцнісні показники композитів на основі вуглецевого волокна значно перевищують аналогічні для алюмінію та сталі (табл. 3).

3. Порівняльна характеристика конструкційних матеріалів

Конструкційний матеріал	Міцність, МПа	Модуль пружності, ГПа	Густина, г/см ³
Композит на основі вуглеволокна	1900-3700	120-300	1,5
Композит на основі скловолокна	870	40	2,2
Алюмінієвий сплав	450	73	2,7
Титан	950	110	4,5
Сталь	200-980	205	7,8

Джерело: дані [280]

Вуглецеве волокно на основі гідратцелюлози за своїми властивостями і галузями застосування дуже близьке до графітових волокон. Якщо волокно на основі ПАН застосовується як конструкційний композит, де важлива висока міцність, то віскозне вуглеволокно доповнює і замінює графіт у високотемпературних процесах. Вуглецеві волокна на основі гідратцелюлози використовуються для виготовлення термопар, конденсаторів, екранів,

поглинаючих електромагнітне випромінювання, виробів для електро- і радіотехніки. Окрім того, тільки цей вид вуглецевого волокна має біологічну сумісність. Це дозволяє застосовувати його для очищення крові та виготовлення спеціальних ранозаживляючих матеріалів.

Особливістю волокна із мезофазних пеків є гранично висока орієнтація графітових кристалів у напрямку довжини волокна, що наближає пекові волокно за властивостями до графіту і надає йому надзвичайно високий модуль пружності (теоретично досяжна величина в 1000 ГПа). Також волокна на основі пеків мають високу теплопровідність (до 900 Вт/ м*К) і достатні трибологічні і абляційні властивості. На цих властивостях і ґрунтується більшість областей застосування пекових волокон [280].

Таким чином, найбільш прогресивними конструкційними матеріали ХХІ століття слід назвати вуглецеві волокнисті матеріали (ВВМ) та композитні матеріали на їх основі (карбоволокніти, вуглекомполіти). Володіння сучасними технологіями серійного виробництва цих матеріалів і ступінь їх застосування в промисловості є критерієм розвиненості науково-промислового потенціалу будь-якої держави [280].

Згідно із [281] розрізняють чотири основних види вуглеволоконних композитів, що мають необхідні показники для широкого практичного застосування у довгостроковій перспективі:

- композити з полімерною матрицею (вуглепластики);
- вуглець-вуглецеві композити;
- композити з металевою матрицею;
- композити з керамічною матрицею.

Основними речовинами, які використовуються як матриця для вуглецевих композитних матеріалів, є епоксидна, поліамідна, поліефірна, фенол-формальдегідна, вуглецева та ціанат-ефірна смоли.

Найчастіше застосовують епоксидну смолу. Вона характеризується тривимірною структурою, стійкістю до впливу лужних, кислотних і галогенних розчинів. Застосовується з метою склеювання різних типів армуючих елементів, для герметизації плат електронних приладів, в будівництві та побуті.

Не менш відомою і популярною є матриця із поліаміду. Поліаміди відносять до класу термостійких матеріалів, які мають складну структуру із великою кількістю хімічних зв'язків. Завдяки теплостійкості, цей матеріал використовується як сполучна в системах теплозахисту космічних апаратів, в ракетобудуванні, для виготовлення виробів, які використовуються в умовах високих температур. Серед недоліків поліамідів слід зазначити токсичність, високий рівень в'язкості за звичайних температур, високу вартість.

Матриця на основі поліефірних смол утворюється в ході поліконденсації багатоатомних спиртів, ангідридів та рослинних масел. При цьому високий вміст стиролу зумовлює можливу пористість структури та токсичність композитного матеріалу на її основі. Однак,

така матриця дешевша за епоксидну і має меншу в'язкість, тому легше формується у виробі.

Матриці на основі фенолформальдегіду характеризуються високим рівнем робочої температури. Цей матеріал є доступним, дешевим, має високу плинність, що дозволяє отримувати виробі складної конфігурації.

Вуглецева матриця забезпечує композиту дуже високі фізичні, механічні, електротехнічні властивості та високу хімічну інертність. Застосовується в процесі виготовлення соплових блоків моторів, термостійкої плитки, в елементах електротехніки.

Ціанат-ефірна матриця характеризується високою радіаційною стійкістю, змінюваними механічними властивостями, які залежать від часу обробки, а також низьким вологопоглиненням і низькою діелектричною константою. Окрім того, сполучні із ціанат-ефіру є дуже стійкими до змін температур, які в інших матеріалах можуть викликати мікротріщини з подальшим розпадом речовини. Завдяки таким властивостям, ціанат-ефір широко використовують в композитних матеріалах для космічної промисловості, виготовлення рефлекторів, антен, відбивачів, а також розміростабільних просторових структур.

Найбільшого поширення сьогодні набули саме композитні матеріали на основі вуглецевого волокна із полімерною матрицею – вуглепластики. Армуючий наповнювач може мати вигляд нитки, джгутів, стрічок, тканини, трикотажних або нетканих полотен, рубаних волокон.

Вуглетканини виготовляють із ниток вуглецевого волокна діаметром 0,005–0,010 мм [288] різними ткацькими переплетеннями (полотняне, ламана саржа, рогожка та ін.). Вид переплетення зумовлює не лише зовнішній вигляд матеріалу, але і його міцність та технологічні властивості (табл. 4).

Основними параметрами вуглетканини є:

- вид (тип) волокна по основі і по утоку;
- лінійна густина (кількістю ниток, що містяться в 10 мм вуглетканини по основі і по утоку);
- кількість філаментів в 1 нитці тканини (кількість елементарних ниток в 1 текстильній нитці);
- вид переплетення тканини;
- поверхнева густина (маса 1 м² тканини), яка варіюється від 90 г/м² до 640 г/м²;
- товщина тканини (0,1–0,65 мм);
- ширина тканини (10–1500 мм) [285, 287].

Найбільш популярні види вуглетканини наведено в табл. 4.

Вуглепластики виготовляють такими методами, як пресування, контактне формування та намотування [289].

²⁸⁸ Углеткани и их производители [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://mastermodel.ru/articles/ugletkani-i-ih-proizvoditeli>.

²⁸⁹ Суберляк О.В. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів / О.В. Суберляк, П.І. Баштанник. – К., 2006. – 270 с.

4. Види тканини із вуглепластика

Вид полотна	Вид переплетення	Схема переплетення	Характеристика полотна
Plane Weave, P	Полотняне, рогожка		Найбільш щільне та міцне
Twill, T	Ламана саржа		Універсальне
Satin WEAVE, R	Сатинове		Найбільш пластичне та найменш щільне
Leno, Basket Weave	Репсове		Найменш розповсюжене

Джерело: авторська розробка

Пресування. Вуглетканина вистилається у формі, попередньо змащеній антиадгезивом (наприклад, мило, віск, віск в бензині, кремнійорганічні мастила), просочується смолою, надлишки смоли видаляються у вакуумі (вакуум-формування) або під тиском. Смола полімеризується, іноді при нагріванні. Після полімеризації смоли виріб готовий.

Контактне формування. Вихідна металева деталь змащується розділовим шаром, на нього напильюється монтажна піна (гіпс, алебастр), яка після затвердіння знімається і отримується матриця. Її знову змащують розділовим шаром і викладають тканину. Тканина може бути попередньо просоченою, а може просочуватися пензлем або поливом безпосередньо у матриці. Далі тканина ущільнюється та звільняється від бульбашок повітря валиками. Після гарячої (із затверджувачем, у печі) або холодної (при кімнатній температурі, 20 °С) полімеризації отримана деталь знімається, шліфується і фарбується.

Намотування. Труби та інші циліндричні вироби виробляють намотуванням ниток, стрічок або тканин на заготовку із подальшим їх просочуванням епоксидною або поліефірною смолою.

На основі вищевикладеного слід відзначити, що механічні властивості карбонових композитів формуються наступними чинниками:

- вид карбонового волокна та смоли (матриці);
- вид переплетення та орієнтація волокон;
- співвідношення об'ємів волокна та смоли в композиції;
- густина, однорідність, пористість матеріалу та ін.

Таким чином, унікальні властивості композитів на основі вуглеволокон визначають даний матеріал як стратегічний. Аналіз ринку показує, що останні два десятиріччя світове виробництво вуглеволоконна зосереджене головним чином на десяти великих компаніях: японських Toray, Toho Tenax і Mitsubishi Rayon; американських Cytec, Hexcel, Zoltek і Amoco, німецької SGL; південнокорейської Taekwang Industrial Co., Ltd. і тайванської Formosa Plastics (табл. 5) [290, 291, 292].

5. Світові виробники вуглеволоконна та композитів на його основі

Назва, країна	Продукція
Toray Carbon Magic Co., Ltd., Японія	композитний матеріал CFRP
Formax, Великобританія	саржа з біаксіального/тріаксіального/ квадраксіального (2/3/4 вісі) вуглецевого волокна
Porcher Industries, Франція	Збалансовані вуглетканини, гібридні тканини на основі вуглецевих та арамідних (кевларових) волокон, гібридні матеріали із вуглецевих волокон та фібергласу
Seal SpA, Італія	композитні матеріали (вуглетканини, арамідні волокна, фіберглас)
SGL Group Німеччина	вуглецеві і графітові повсть і вуглетканина для теплоізоляції; армований вуглецевим волокном композит і графіт; вуглецеві нитки
Nippon Graphite Fiber Corporation, Японія	вуглецеве волокно "Granos" на основі мезофазних пеків
Saertex, Німеччина	прошивні (NCF, Non Crimp Fabrics) багатовісні вуглецеві тканини під брендами SAERTEX и SAERTOW
Ballard Power Systems, Канада	вуглетканини під маркою AvCarb
Hexcel Corporation, США	вуглецеві волокна, препреги, комірчасті матеріали
Mapei, Італія	вуглетканина марки MapeWrap C UNI-AX HM
Taiwan Electric Insulator, Тайвань	вуглецеві волокна і вуглетканини (односпрямовані і багатовісні прошивні (NCF))
A & P Technology, США	саржа із вуглецевого волокна (2/3/4 вісі) лінійки Vimax, Zero і QISO
FTS SpA, Італія	гібридні тканини на основі вуглецевих та арамідних (кевларових) волокон, односпрямовані вуглетканини
Erotech Composite Corporation	матриці з епоксидних смол, збалансовані вуглетканини
Zyvex Technologies, США	препреги, епоксидні смоли та адгезиви
Isovolta AG, Австралія	препреги на основі фенольних, ціанатно-ефірних та епоксидних матриць

Джерело: авторська розробка

²⁹⁰ Кобищан Г.Д. Огляд основних виробників композитних матеріалів на основі вуглеволоконна / Г.Д. Кобищан // Сучасне матеріалознавство та товарознавство: теорія, практика, освіта : матеріали V Міжнар. Наук.-практ. інт.-конф. (м. Полтава, 14–15 бер. 2018 р.). – Полтава : ПУЕТ, 2018. – С. 71–75.

²⁹¹ Дегтярев О.В. Про забезпечення ракетно-космічної галузі сучасними конструкційними та спеціальними матеріалами / О.В. Дегтярев // Космічна наука і технологія, 2013. – Т. 19. – № 6. – С. 3–11.

²⁹² Глобальный рынок углепластиков достигнет \$35,75 млрд к 2020 году [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://mplast.by/novosti/2016-01-20-globalniyu-ryinok-ugleplastikov-dostignet-35-75-mlrd-k-2020-godu/>

Слід зазначити, що на пострадянському просторі до 2007 р. вуглецеві волокна виготовляли на двох підприємствах: «Аргон» (м Балаково, Росія, виробництво на основі ПАН волокон) і РУП «Світлогірське ВО Хімволокно» (м. Світлогорськ, Білорусь, виробництво на основі віскозних волокон). Обидва підприємства мали власні потужності з виробництва прекурсорів. Ті виробництва, що існували за часів СРСР на території України (м. Бровари, Казенний завод порошкової металургії; м. Дніпропетровськ, державний завод «Вуглекомполит») в даний час втрачено. Вітчизняного виробництва вуглецевих волокон в Україні немає [293]. За рекомендацією [291], на сьогодні реальною видається пропозиція щодо організації такого виробництва на площах заводів хімічного комплексу і машинобудівної галузі. Виробництво ПАН волокон як прекурсорів вуглецевого волокна рекомендується створити на базі ПАТ «Чернігівське хімволокно». Розглядається також питання щодо створення виробництва вуглецевих волокон, препрегів та вуглецевих композитних матеріалів на потужностях Державного підприємства «Конструкторське бюро «Південне». Продукція цих підприємств задовольнить потреби стратегічних галузей промисловості України незалежно від зарубіжних країн-постачальників вуглеволокон, а також дозволить здійснювати експортні поставки вуглецевих волокон.

3.7. Період зберігання зерна – як чинник підвищення його екологічної безпеки

*Мазур В.А., Ткачук О.П., Яковець Л.А.
Вінницький національний аграрний університет*

Розвитку виробництва зерна, як складової зернопродуктового підкомплексу України, приділяється першочергове значення. Це зумовлено низкою причин: по-перше, потужне зернове господарство – це основа розвитку всіх інших галузей сільського господарства; по-друге, зерно як цінний і незамінний продукт харчування є основним продовольчим ресурсом, а також сировиною для переробної промисловості; по-третє, виробництво зерна забезпечує значну частину доходів сільськогосподарських підприємств і є важливим експортним потенціалом для України.

Ведення інтенсивного сільськогосподарського виробництва за сучасних аграрних технологій неможливе без застосування добрив. Практика їх використання розширюється і постійно вдосконалюється. Поряд з мінеральними, розширюються масштаби використання

²⁹³ Мухамедзянов А.Т. Состояние и перспективы производства и потребления углеродных волокон из нефтяных пеков [Електронний ресурс]/ А.Т. Мухамедзянов, А.А. Мухамедзянова, Р.Н. Гимаев, Р.Н. Галиахметов. – Режим доступу : http://bulletin-bsu.com/archive/files/2015/4/16_5003_Muhamedzianova_2v_1218-1222.pdf.