

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**В. А. Барбаш**

# **ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОСЛИННОГО РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ**

*Затверджено  
як навчальний посібник  
для студентів вищих навчальних закладів,  
які навчаються за спеціальністю  
“Хімічні технології та інженерія”*

**Київ «Каравела» 2018**

УДК 66.02+674.02+  
676.166.6  
ББК 35.779я73  
Б24

*Гриф надано  
Вченою радою НТУУ КПІ  
імені Ігоря Сікорського*

**Рецензенти:**

**О.М. Гавва**, доктор технічних наук, професор  
Національного університету харчових технологій;

**В.Л. Чумак**, доктор хімічних наук, професор  
Національного авіаційного університету.

**Барбаш В.А.**

**Б24 Інноваційні технології рослинного ресурсозбереження:  
Навчальний посібник. – Київ: Каравела, 2018. – 288 с.**

**ISBN 978-996-222-990-5**

Наведено сучасні тенденції розвитку технологій переробки рослинної сировини, визначено наукові проблеми, які потребують вирішення для вітчизняної целюлозно-паперової промисловості. Дана характеристика рослинної сировини: лісового господарства світу та України, недеревних рослин та нових рослинних культур.

Описано екологічно безпечні технології одержання волокнистих напівфабрикатів із рослинної сировини; показники селективності і кінетичних характеристик процесів делігніфікації рослинної сировини. Проаналізовано інноваційні технології переробки рослин у мікрористалічну целюлозу, оксидцелюлозу, наноцелюлозу та продукти на їх основі. Наведено інноваційні технології переробки рослинної сировини у енергоносії - пелети і паливні брикети, біодизель і біоетанолу, біогаз та інші біопродукти.

Для студентів, аспірантів, наукових співробітників технічних вищих навчальних закладів, а також інженерно-технічних працівників целюлозно-паперових підприємств.

Табл. 26, рис. 64, бібліогр.: 47 назв.

**ISBN 978-996-222-990-5**

**© В.А. Барбаш, 2018**

**© Видавництво «Каравела», 2018**

## ПЕРЕДМОВА

Населення земної кулі зростає у середньому на 1,5 % на рік і на кінець 2016 року становило 7,4 млрд. осіб. Із зміною демографічних умов змінюється споживання матеріальних благ, поліпшується життєвий рівень, освіта, гігієнічні вимоги, зростає споживання товарів широкого вжитку, зокрема продукції підприємств лісового комплексу.

Однією із найбільш важливих умов виробництва підприємствами лісового комплексу якісних товарів широкого вжитку є забезпечення їх сировинними ресурсами. Основним видом сировини для виробництва целюлозовмісних матеріалів залишається деревина, використання якої, наприклад, у целюлозно-паперовій промисловості становить порядку 90 % від обсягів рослинної сировини, що застосовується галуззю для отримання волокнистих напівфабрикатів.

Неоціненно значення лісів як основного компонента живої природи у житті нашої планети. Ліси займають майже третю частину території суші і дають половину чистої первинної продукції біосфери Землі. Сумарна фітомаса лісів складає 1960 млрд.т, у яких сконцентровано більше  $\frac{3}{4}$  всього органічного вуглецю рослин [1].

Підприємства лісового комплексу виконують заготівлю, механічну обробку й хімічну переробку деревини. Механічна обробка включає лісопиляння, виробництво фанери, будівельних деталей, стандартних будинків, меблів, деревоволокнистих та деревостружкових плит, сірників. До складу лісового комплексу входить целюлозно-паперова промисловість, яка завдяки хімічним

технологіям переробляє рослинну сировину на целюлозу, папір, картон та інші целюлозовмісні продукти.

Зростаючий дефіцит деревини хвойних порід збільшує значення інших видів рослинної сировини - листяних порід і низькосортної деревини, відходів лісо- та деревообробки, макулатури та недеревинної рослинної сировини - як сировини для подальшої переробки.

У зв'язку з необхідністю більш раціонального використання ресурсів рослинної сировини виникає потреба у розробці нових технологій її переробки, зокрема технологій переробки недеревних рослин. Використання сільськогосподарських відходів та однорічних рослин призводить до значного скорочення витрат деревинної сировини, а значить - до збереження лісових багатств, запобіганню процесів спалювання і гниття недеревних рослин.

В результаті застосування недеревних рослин значно скорочуються питомі витрати електроенергії, тепла, хімікатів, праці людей. При цьому стає можливим більш раціонально розміщувати підприємства, які виробляють кінцеву продукцію, наближуючи їх до місця концентрації недеревних рослин і зменшуючи витрати на транспортування сировини та готової продукції, що знижує собівартість продукції.

Ключовим фактором економічного прогресу і розвитку людства є інноваційні технології, які носять глобальний характер і щоденно змінюють наше життя.

Тому не дивно, що прогрес надихає науковців і винахідників на створення нових технологій і видів продукції, а прогресивні компанії - на впровадження

інновацій. За словами технічного директора Boeing Джона Трейсі «Ми не стоїмо на місці, не зупиняємося на досягнутому. Світ змінюється кожен день; якщо не пристосовуватися до цих змін, навряд чи вдасться довго зберігати лідерство. Ми повинні підіймати планку, поновому підходити до впровадження інновацій на нових ринках, думати як перетворити їх у джерело прибутку».

Інноваційна діяльність досягла свого історичного максимуму. За останні роки заявлено та отримано патентів більше, ніж за всю історію людства. При цьому провідні компанії світу (Apple, DuPont, GeneralElectric, GeneralMotors, IBM, Samsung) у всіх галузях промисловості активно співпрацюють із науковими організаціями і вченими для швидшого виведення інновацій на ринок.

Навчальний посібник має на меті познайомити студентів, що навчаються за напрямом «Хімічна технологія», а також широкий круг науковців, працівників целюлозно-паперової та інших суміжних галузей промисловості зі станом та інноваційними технологіями у галузі переробки рослинної сировини.

Знайомство з матеріалами посібника сприятиме формуванню у студентів комплексу знань, умінь, навичок, які необхідні для кваліфікованого управління існуючими технологічними процесами целюлозно-паперових виробництв та інших виробництв, які пов'язані з переробкою рослинної сировини; поглибленого вивчення сучасних теоретичних уявлень про найважливіші нові технологічні процеси цих виробництв (одержання різних видів волокнистих напівфабрикатів, паперу, зокрема нанопаперу, картону, мікрористалічної целюлози, тощо),

нових методів досліджень в цих галузях; створення нових, більш ефективних, екологічно безпечних способів перероблення рослинної сировини і волокнистих напівфабрикатів, що дозволить раціонально використовувати дефіцитну деревину і волокнисті напівфабрикати, воду, допоміжні хімічні матеріали, трудові та енергетичні ресурси, знизити забруднення навколишнього середовища проміжними шкідливими речовинами, що виникають в процесі їх одержання.

Зелена книга Європейської комісії "Щодо європейської стратегії безпеки енергопостачання" встановлює мету до 2020 року на 20 % замінити традиційне паливо для автотранспортного сектора на альтернативне паливо. До такого палива відносяться, зокрема біоетанол і біодизель, які виготовляються із біомаси.

При цьому до біомаси відносяться: фракція продуктів, що здатна до біорозкладання, зокрема індустріальних і муніципальних відходів, а також відходів і залишків сільськогосподарського виробництва, лісової і пов'язаних з ними галузей промисловості, а до біопалива відносяться: біоетанол, біодизель, біогаз, біометанол, біодиметилловий ефір, біоетилтетрабутиловий ефір, біометилтетрабутиловий ефір, синтетичні біопалива, біоводень.

З біопаливом пов'язані великі надії на оздоровлення навколишнього середовища. Використання як сировини рослинних олій, в тому числі з насіння технічних культур і диких рослин, тваринних жирів і відходів сільськогосподарської, харчової і деревообробної промисловості могло б вирішити задачу максимального використання для виробництва біопалива сировини, що відновлюється,

місцевого походження, що, звичайно, знижує собівартість продукції.

Біопаливо економічне і дешеве у виробництві і може використовуватися для заправки всіх автомобілів, незалежно від модифікації та розміру. Крім того, використання біодизелю скорочує викид вуглекислого газу в навколишнє середовище на 5%. В продуктах згоряння біопалива на 8-10% менше окису вуглецю, майже на 50% менше сажі й значно менше сірки (0,005% проти 0,2% у звичайного дизельного палива). Продукти згоряння біопалива містять лише на 10% більше окису азоту в порівнянні з нафтовим дизельним паливом [2].

Україна належить до енергодефіцитних країн, оскільки забезпечена власними паливно-енергетичними ресурсами лише на 53% (імпортує 75% необхідного обсягу природного газу та 85% сирової нафти і нафтопродуктів). Залежність від імпорту нафти, ціна на яку невблаганно підвищується, а також значне погіршення екологічного стану довкілля стимулюють інтенсивний пошук альтернативних джерел енергії, до яких, зокрема відноситься рослинна сировина.

Автор висловлює вдячність колегам, співробітникам, аспірантам і студентам кафедри екології та технології рослинної полімерів за одержані результати проведених спільних наукових досліджень, а також рецензентам за висловлені слушні зауваження і пропозиції.

## ЗМІСТ

<b>Передмова</b> .....	5
<b>Розділ 1 Сучасні тенденції розвитку технологій переробки рослинної сировини</b> .....	8
1.1 Проривні технології 21-го століття .....	8
1.2 Технології, що конкурують з целюлозно-паперовою промисловістю .....	18
1.3 Наукові проблеми вітчизняної целюлозно-паперової промисловості .....	31
<b>Розділ 2 Характеристика рослинної сировини</b> .....	54
2.1 Світові запаси лісу .....	56
2.2 Лісове господарство України .....	60
2.3 Характеристика відходів деревини .....	67
2.4 Недревна рослинна сировина .....	71
2.5 Характеристика нових рослинних культур ....	81
<b>Розділ 3 Екологічно безпечні технології одержання волокнистих напівфабрикатів</b> .....	93
3.1 Концепція зеленої економіки .....	93
3.2 Приклади зелених технологій переробки рослинної сировини .....	99
3.3 Фізичні методи обробки рослинної сировини .....	104
3.4 Хімічні технології одержання целюлози .....	113
3.5 Біохімічні методи обробки біомаси .....	134
3.6 Оцінка придатності рослинної сировини для виробництва целюлози .....	137
3.7 Показники селективності і кінетичні характеристики процесів делігніфікації рослинної сировини .....	141



3.8 Діаграми, що характеризують процес видалення лігніну і розчинення вуглеводів .....	148
<b>Розділ 4 Інноваційні технології переробки целюлози у товари широкого вжитку .....</b>	<b>157</b>
4.1 Технології одержання мікрокристалічної целюлози .....	159
4.2 Технології використання мікрокристалічної целюлози в композиції лікарських пігулок .....	168
4.3 Технології одержання оксигелюлози .....	174
4.4 Класифікація наноматеріалів на основі целюлози .....	189
4.5 Методи одержання наногелюлози .....	195
4.6 Технології використання наногелюлози в композиційних матеріалах .....	203
<b>Розділ 5 Технології переробки рослинної сировини в енергоносії .....</b>	<b>208</b>
5.1 Перспективи використання рослинної сировини для виробництва біопалива .....	208
5.2 Технології одержання твердого біопалива (пелетів і паливних брикетів) .....	216
5.3 Технології одержання біодизелю і біоетанолу .....	234
5.4 Технології переробка рослин на біогаз .....	260
5.5 Технологія одержання деревного вугілля ....	271
<b>Перелік посилань .....</b>	<b>281</b>

**Навчальне видання**

**Барбаш Валерій Анатолійович**

# **Інноваційні технології рослинного ресурсозбереження**

**Навчальний посібник**

В авторській редакції  
Відповідальний редактор - В.М. Радовенчик  
Оригінал-макет – М.Г. Каракуца

Підписано до друку: 01.12.2018 р. Формат 60x84/16  
Папір офсетний. Друк Riso. Гарнітура Book  
Antiqua Ум.-вид. арк. 25,00. Обл.-вид. арк 25,11.  
Зам. № 036 Наклад: 10 (десять) прим.

**Друк: Видавництво «Каравела»  
просп. М. Рокоссовського, 8а, м. Київ, 04201, Україна.  
Тел. (044) 592-39-36, (050) 355-77-75.**

**E-mail: [caravela@ukr.net](mailto:caravela@ukr.net)**

**[WWW.CARAVELA.KIEV.UA](http://WWW.CARAVELA.KIEV.UA)**

Свідоцтво  
про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру  
видавців, виготівників і розповсюджувачів  
видавничої продукції:  
ДК №2035 від 16.12.2004 р.