

**М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко,  
І.П. Григорюк, В.М. Поліщук, Г.А. Голуб, В.С.Таргоня,  
С.В. Драгнєв, І.В. Свистунова, С.М. Кухарець**

# **АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА**

Навчальний посібник  
для студентів сільськогосподарських вузів  
зі спеціальності 6.092900 – “Екобіотехнологія” та  
8.05140105 – “Екологічна біотехнологія та біоенергетика”

**Київ  
2012**

УДК 620.95(072)  
ББК 31.6Я7  
А56

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки,  
молоді та спорту України як навчальний посіб-  
ник для студентів вищих начальних закладів  
Лист № 1/11-16499 від 23.10.2012 р.*

**Рецензенти:**

В.І. Кравчук – директор Українського науково-дослідного інституту прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва ім. Леоніда Погорілого, член-кореспондент НААН України, д.т.н.

Л.М. Хомічак – професор кафедри технології зберігання, переробки та стандартизації продукції рослинництва ім. проф. Б.В. Лесика, д.т.н.

С.П. Циганков – заступник директора з наукової роботи, завідувач відділом біотехнології поновлюваної сировини та альтернативного палива Державної установи «Інститут харчової біотехнології та геноміки Національної академії наук України», д.т.н.

**Максим Дмитрович Мельничук, Валерій Олександрович Дубровін,  
Валентин Григорович Мироненко, Іван Панасович Григорюк,  
Віктор Миколайович Поліщук, Геннадій Анатолійович Голуб,  
Василь Сергійович Таргоня, Семен Васильович Драгнєв,  
Ірина Володимирівна Свистунова, Савелій Миколайович Кухарець**

**АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА**

**Навчальний посібник для вузів**

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Технічного навчально-наукового інституту Національного університету біоресурсів і природокористування України (протокол №8 від 25 березня 2011 р.)

Альтернативна енергетика: [навч. посібник для студ. вищ. навч. закл.] / М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко, І.П. Григорюк, В.М. Поліщук, Г.А. Голуб, В.С. Таргоня, С.В. Драгнєв, І.В. Свистунова, С.М. Кухарець. – К: «Аграр Медіа Груп», 2012. – 244 с.

ISBN 978-617-646-100-5

Проаналізовано енергетичну та екологічну ситуацію в світі. Визначений вплив палив на екологію довкілля. Розглянуті мінеральні види палив та проаналізовані їх запаси в світі та в Україні. Розглянуті технології та технічні засоби використання альтернативних джерел енергії: енергії вітру, сонця, водних ресурсів, геотермальних джерел. Особливу увагу приділено розгляду питань виробництва і використання біопалив.

Для студентів сільськогосподарських вузів зі спеціальності 6.051401 – "Екобіотехнологія" та 8.05140105 – "Екологічна біотехнологія та біоенергетика"

© М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко, І.П. Григорюк, В.М. Поліщук, Г.А. Голуб, В.С. Таргоня, С.В. Драгнєв, І.В. Свистунова, С.М. Кухарець, 2012

© Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2012

## Зміст

	Стор.
	Зміст..... 3
	Передмова..... 6
Розділ 1	Енергетична проблема та її вплив на екологічну ситуацію в світі..... 7
1.1	Енергетична проблема людства..... 7
1.2	Вплив палив на екологію Землі..... 14
Розділ 2	Відновлювані джерела енергії..... 18
2.1	Загальна характеристика відновлюваної енергетики 18
2.2	Сонячна енергетика..... 19
2.3	Вітроенергетика..... 22
2.4	Гідроенергетика..... 28
2.4.1	Енергія річок..... 28
2.4.2	Енергія морів та океанів..... 34
2.5	Геотермальна енергетика..... 42
Розділ 3	Енергія біомаси. Тверде біопаливо..... 45
3.1	Визначення поняття "біопаливо" ..... 45
3.2	Деревне паливо..... 45
3.3	Енергетичні рослини..... 48
3.4	Технології прямого спалювання твердих біопалив.. 49
3.5	Сучасний стан та перспективи застосування твердого біопалива в світі..... 54
3.6	Сучасний стан та перспективи застосування твердого біопалива в Україні..... 56
Розділ 4	Гранульоване біопаливо..... 63
4.1	Гранулювання біомаси..... 63
4.2	Визначення поняття "паливні гранули" та їх класифікація..... 63
4.3	Характеристика біопаливних гранул..... 63
4.4	Фізико-хімічні основи ущільнення зернистих і волокнистих матеріалів..... 65
4.5	Способи гранулювання матеріалів..... 67
4.6	Технології виробництва паливних гранул (пеллет) 68
4.6.1	Технологія виробництва паливних гранул (пеллет) зі свіжозрубаної деревини..... 68
4.6.2	Технологія виробництва паливних гранул (пеллет) із соломи..... 70
4.7	Технології виробництва паливних брикетів..... 71
4.7.1	Технологія виробництва паливних брикетів з тирси 72
4.7.2	Технологія виробництва паливних брикетів із соломи 73
4.8	Обладнання для виробництва паливних гранул .... 74

Розділ 5	Біогаз.....	79
5.1	Способи розкладання органічних відходів.....	79
5.2	Відходи як сировина для виробництва біогазу.....	80
5.3	Опис біотехнологічного процесу метанового збро- джування. Системи метанового зброджування ор- ганічних відходів.....	84
5.4	Основні вимоги до процесу виробництва біогазу	98
5.5	Будова та принцип роботи та біогазових установок	101
5.5.1	Метантенк.....	102
5.5.2	Газгольдер.....	107
5.5.3	Пристрої для підігрівання субстрату.....	113
5.5.4	Пристрої для перемішування субстрату.....	114
5.5.5	Пристрої для підготовки субстрату до зброджу- вання.....	115
5.5.6	Системи очищення біогазу.....	118
5.6	Технології виробництва звалищного газу.....	121
5.7	Використання продуктів метанового бродіння.....	125
5.7.1	Використання біогазу.....	125
5.7.2	Використання продуктів метанового бродіння в якості органічних добрив.....	126
5.7.3	Використання продуктів метанового бродіння в якості кормових добавок.....	127
5.8	Сучасний стан застосування біогазових технологій в світі.....	128
5.8.1	Сучасний стан отримання та використання біогазу в світі.....	128
5.8.2	Сучасний стан отримання та використання звали- щного газу в світі.....	131
5.9	Сучасний стан використання біогазових техноло- гій в Україні.....	132
Розділ 6	Біоводень.....	140
6.1	Загальна характеристика біоводню.....	140
6.2	Способи отримання біоводню.....	140
6.2.1	Термічний спосіб отримання біоводню.....	140
6.2.2	Мікробіологічні способи отримання біоводню.....	141
6.2.2.1.	Отримання біоводню із води за допомогою фото- синтезуючих мікроорганізмів.....	141
6.3.2.2.	Отримання біоводню шляхом конверсії чадного газу.....	143
6.2.2.3.	Отримання біоводню шляхом бродіння.....	144
6.3	Біореактори для отримання водню за допомогою мікроорганізмів.....	146
6.3.1.	Фотобіореактори.....	146

	6.3.2.	Біореактори, що використовують процеси бродіння або конверсії чадного газу для виділення водню бактеріями, яким не потрібне світло.....	147
Розділ	7	Газифікація біомаси.....	150
	7.1	Класифікація процесів утворення штучних горючих) газів.....	150
	7.2	Визначення поняття газифікації.....	150
	7.3	Класифікація процесів газифікації.....	151
	7.3.1	Газифікація в щільному шарі.....	152
	7.3.2	Газифікація в киплячому шарі.....	154
	7.3.3	Газифікація в потоці.....	158
	7.4	Способи застосування генераторного газу.....	159
	7.5	Сучасний стан застосування газифікації біомаси в світі.....	159
Розділ	8	Піроліз біомаси.....	161
	8.1	Визначення поняття піролізу.....	161
	8.2	Сировинна база для отримання продуктів піролізу.....	163
	8.3	Класифікація процесів піролізу.....	164
	8.4	Технології та технічні засоби для здійснення процесу піролізу.....	165
	8.5	Сучасний стан застосування піролізу біомаси в світі та в Україні.....	174
Розділ	9	Біопалива для двигунів внутрішнього згорання.....	176
	9.1	Біопалива для дизельних двигунів.....	176
	9.1.1	Характеристика біопалив для дизельних двигунів..	176
	9.1.2	Сировинна база для виробництва біодизелю.....	177
	9.1.3	Технології та технічні засоби виробництва біодизелю	178
	9.1.4	Прогноз виробництва біодизеля в Європі і на Україні на найближчу перспективу.....	187
	9.2	Біопалива для двигунів з примусовим запалюванням	187
	9.2.2	Біонафта.....	188
	9.2.3	Спиртові біопалива.....	189
	9.2.3.1	Біоетанол.....	189
	9.2.3.2	Біометанол.....	210
	9.2.3.3	Біобутанол.....	211
	9.2.3.4	Ефіри спиртів.....	213
		Додатки.....	215
		Додаток А. Державні стандарти України на палива	215
		Додаток Б. Ферментні препарати, що застосовуються в спиртовій промисловості.....	218
		Література.....	223
		Відомості про авторів.....	234

## Передмова

Однією із найважливіших проблем людства є енергетична проблема. Інтенсивна експлуатація мінеральних ресурсів призвела до виснаження їх родовищ. Так, за різними даними, розвіданих запасів нафти вистачить на 50-100 років видобування, природного газу – на 100-150 років. По мірі зменшення запасів мінеральних ресурсів зростає їх ціна. Атомна енергетика покриває лише 4% всього енергетичного балансу і пов'язана з ризиком виникнення техногенних катастроф. Надії на використання керованого термоядерного синтезу поки що не виправдались.

Людство постає перед проблемою: або продовжувати розбазарювати надзвичайно обмежені енергетичні ресурси Землі, що, безумовно, приведе до природних і соціальних катаклізмів, або шукати інші, альтернативні джерела енергії. Вже зараз починають застосовуватись поновлювані джерела енергії, зокрема, вітер, сонячна і геотермальна енергія, енергія хвиль, припливів, біомаси. Країни ЄС покладають велику надію на альтернативні джерела енергії. Так до 2020 року 20% енергії планується отримувати із альтернативних джерел. Використання відновлюваних джерел енергії може зняти ще одну надзвичайно актуальну проблему людства – екологічну.

Навчальний посібник "Альтернативна енергетика" передбачає розгляд проблем та перспектив застосування альтернативних джерел енергії. В ньому розглянуті причини необхідності застосування альтернативних джерел енергії, коротко охарактеризовані відновлювані джерела енергії: сонця, вітру, води, земних надр. Велика увага приділяється використанню біомаси в якості енергоносія. Висвітлені питання сучасного стану та перспектив застосування біопалив в світі і в Україні.

Освоєння матеріалу посібника дозволить студентам самостійно проводити техніко-економічну оцінку використання різних видів палив, вибрати конструкції і робочі процеси нового технологічного обладнання для виробництва та спалювання біопалив, розробляти технічні завдання на застосування установок по виробництву теплової енергії із біопалив для побутових та промислових потреб, планувати та організовувати біоенергетичні процеси, обирати оптимальні умови їх впровадження та керувати ними згідно сучасних методів контролю технологічних операцій та готової продукції.

## Розділ 1

# ЕНЕРГЕТИЧНА ПРОБЛЕМА ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ЕКОЛОГІЧНУ СИТУАЦІЮ В СВІТІ

### 1.1. Енергетична проблема людства

На сьогоднішній день мінеральні палива, до яких відносяться нафта, природний газ, кам'яне вугілля, горючі сланці тощо, залишаються основою світового паливо-енергетичного комплексу.

Починаючи із винайдення двигуна внутрішнього згорання наприкінці ХІХ ст., нафта, з якої шляхом перегонки та крекінга отримують нафтові палива (бензин, гас, дизельне паливо), поступово увійшла в наше життя. В наш час саме нафтові палива є джерелом живлення сучасних автомобілів, тракторів, літаків тощо.

Однак ще на початку ХХ ст. ніхто серйозно не задумувався про нафтові запаси. В 1910 р. в паливному балансі країн світу широко використовувалися вугілля (65%), дрова (16%), рослинні і тваринні відходи (16%), а на долю нафти випадало всього 3%, природний газ взагалі не застосовувався. Лише у 30-х рр. ХХ ст. положення почало змінюватися – в паливному балансі знизилася доля кам'яного вугілля (55%), значно зросла питома вага нафти (15%), став застосовуватися природний газ (3%) [34].

До середини 1970-х років світове видобування нафти подвоювалося приблизно кожне десятиліття. Так у 1938 р. воно складало близько 280 млн. т, в 1950 р. – близько 550 млн. т, в 1960 р. – понад 1 млрд. т, у 1970 – понад 2 млрд. т, а в 1973 р. світове видобування нафти перевищило 2,8 млрд. т. Всього з початку промислового видобування (з кінця 1850-х рр.) до кінця 1973 р. зі світових надр було випомпувано 41 млрд. т нафти, з яких половина відводиться на 1965-1973 роки.

Нафта займає провідне місце в світовому паливно-енергетичному господарстві, і її частка в загальному споживанні енергоресурсів продовжує зростати: 3% – у 1900 р., 5% – перед Першою світовою війною (1914-1918 рр.), 17,5% – напередодні Другої світової війни (1939 р.), 24% – у 1950 р., 41,5% – у 1972 р., 48% – у 2004 р. У 2007 р. в світі видобувалось близько 3,2 млрд. т нафти за рік, або 14,7 млрд. барелів в рік (1 т = 6,3 барелі). Роста також і споживання нафти – за останні 35 років воно зросло з 20 до 30 млрд. барелів на рік. Таким чином, при нинішніх темпах споживання розвіданої нафти вистачить приблизно на 45 років, нерозвіданої – ще на 10-50 років [32; 65].

Існуючі нафтові родовища вже не можуть задовольнити зростаючі потреби в нафті, що призводить до зростання цін на неї. Починаючи з післявоєнного періоду і до кінця 60-х років ціни на нафту становили 2,5-3 \$/барель. Під час першої енергетичної кризи восени 1973 р., коли країни ОПЕК знизили об'єми видобування нафти на 5%, її ціна зросла до 5 \$/барель, а в наступному році - до 12 \$/барель. Під час другої енерге-

тичної кризи в 1979 р., пов'язаної зі зменшенням видобутку нафти в зв'язку із революцією в Ірані, ціни на нафту становили 6,5 \$/барель. З тих пір ціни на нафту постійно зростали. В 2004 р. в зв'язку з ураганом Катріна, що зупинив видобування нафти в Мексиканській затоці, ціна на нафту зупинилась на позначці 70 \$/барель. В 2008 р. ціна на нафту досягла рекордного рівня в 147 \$/барель. Лише в зв'язку з глобальною економічною кризою в 2009 р. ціни на нафту дещо знизились до рівня 40-75 \$/барель. Однак із нарощуванням промислового виробництва ціна знову почала зростати і на вересень 2011 р. становила 103 \$/барель [95].

Нафта видобувається як шляхом випомповування із земних надр, де вона міститься в порожнинах (кавернах), через свердловини, так і вимиванням гарячою прісною водою із природних бітумів (асфальтів, керитів, озокеритів, бітумінозних пісків), які добувають кар'єрним або шахтним способами.

Світовими лідерами видобування нафти є країни Близького Сходу (Саудівська Аравія, Іран, Ірак, Об'єднані Арабські Емірати, Кувейт), Венесуела та Росія. Також великими ресурсами нафти володіють Канада, США, Бразилія, Казахстан, Лівія, Нігерія тощо.

В Україні на кінець ХХ ст. було відомо близько 350 родовищ вуглеводнів (нафти, газу і газового конденсату) у трьох нафтогазоносних регіонах: Західному (включає Волинсько-Подільську, Передкарпатську, Карпатську та Закарпатську нафтогазоносні області), Східному (Лівобережжя Дніпра, включаючи Чернігівську, Сумську, Полтавську, Дніпропетровську, Харківську, Луганську та частково Донецьку області) та Південному (охоплює Західне та Північне Причорномор'я, Північне Приазов'я, Крим, українські зони Чорного та Азовського морів) [65]. Потенційні видобувні ресурси нафти, які залишалися в надрах на кінець ХХ ст., склали 153 млн. т. Причому понад 50% з них перебуває в складних гірничо-геологічних умовах і вимагає нетрадиційних методів видобування. Сучасні обсяги промислового видобування нафти складають близько 3,5 млн. т/рік (для потреб народного господарства України щороку необхідно 19 млн. т. нафти) [9]. Основні перспективи видобування нафти в Україні пов'язані з шельфом і континентальним схилом Чорного моря та великими глибинами (4-7 км) [53].

Зважаючи на вичерпуваність нафтових ресурсів, постійне зростання цін на нафту, значна увага приділяється отриманню синтетичних нафтових палив через процес Фішера-Тропша, що був винайдений німецькими дослідниками Францом Фішером і Гансом Тропшем у 20-і роки ХХ ст. Спочатку методом газифікації або піролізу твердого палива отримується генераторний чи піролізний газ, з яких шляхом очищення від сірчистих і азотистих з'єднань виробляється синтез-газ, що являє собою суміш чадного газу і водню в різних співвідношеннях (але не вище 1 : 2). Вміст  $CO+H_2$  в газовій суміші становить близько 85%. Синтез ведуть в присутності кобальт-торій-



магнієвого та залізо-мідного каталізаторів. Теоретичний вихід вуглеводнів при повному перетворенні  $CO$  становить  $208,4 \text{ г/м}^3$  газу. Практичний вихід складає до 85% від теоретичного [61].

Недоліком такого синтетичного рідкого палива є високий вміст ненасичених вуглеводнів (олефінів), які швидко осмолюються. Тому для практичного використання таке паливо змішують із нафтовими паливами прямої перегонки. Крім того, собівартість синтетичних палив, отриманих способом Фішера-Тропша, вища від нафтових палив [95].

Світовими лідерами з виробництва синтетичного рідкого палива є Німеччина, Китай, США, Японія, ПАР та деякі інші країни. Будуються заводи з виробництва синтетичного палива в Польщі, Казахстані, Малайзії, Новій Зеландії. В багатьох країнах світу продовжують інтенсивно проводитися науково-дослідні і дослідно-конструкторські роботи по вдосконаленню і поліпшенню показників окремих стадій процесів переробки гідрогенізації вугілля і продуктів зрідження, що може значно підвищити ефективність методу в цілому. Дослідження по гідрогенізації вугілля широко проводяться в Австралії, Великобританії, Німеччині, Іспанії, Індонезії, Колумбії, Китаї, Пакистані, США і Японії [67]. Розроблений спосіб виробництва синтетичного палива з метанолу із застосуванням висококремнеземних цеолітів ZSM-5 як каталізатора. Такий бензин має октанове число 92-95. Його якість вища в порівнянні з бензином, що отримується за методом Фішера-Тропша [55].

Дещо пом'якшує критичну ситуацію із нафтою інший мінеральний енергетичний ресурс – природний газ, який являє собою суміш газів, основу яких складає метан (85-98% залежно від родовища). Видобувається із земних надр як самостійно (газові родовища), так і як супутній продукт при видобуванні нафти (нафтогазові родовища). Розвідані світові запаси природного та супутнього нафтопромислового газу становлять близько 190 трлн.  $\text{м}^3$ , яких вистачить трохи більше, ніж на 60 років видобування. Крім того, в кавернах сланцевих пластів запаси метану перевищують 450 трлн.  $\text{м}^3$  [4], а запаси метану вугільних пластів, за даними компанії Halliburton, складають близько 210 трлн.  $\text{м}^3$ , однак добування його набагато складніше. Разом з тим, із розвитком видобувних технологій прогнозується зменшення собівартості видобування метану вугільних і сланцевих пластів. У Міжнародному енергетичному агентстві (МЕА) вважають, що до 2035 р. до чверті загальносвітового видобутку природного газу припаде на сланцевий природного газ. За прогнозами, дешевий сланцевий природний газ може навіть витіснити природний газ, видобуток якого в США стає дорожчим, ніж сланцевого природного газу або вугільного метану (прогнозовані затрати видобування сланцевого природного газу в США до 2014 р. складуть в середньому  $\$155/1000 \text{ м}^3$ , в канадських Британській Колумбії та Альберті –  $\$109/1000 \text{ м}^3$ , тоді як собівартість видобування  $1000 \text{ м}^3$  природного газу в США на березень 2010 р. становила близько  $\$155,7$ , а в Росії в цей же період –  $\$3-50$ ) [95].

На Землі є також великі запаси природного газу в твердому стані – газові гідрати, які утворюються при низьких температурах (не вище за чотири градуси за Цельсієм) і високому тиску (менше 40 ат). Вони достатньо широко поширені в Світовому океані на глибині морів понад 400-600 метрів [95]. Близько 98% світових запасів газових гідратів зосереджено в океані, 2% – на суші в зоні вічної мерзлоти [75]. За найбільш оптимістичними оцінками, світові запаси метану в складі гідратів становлять від 2 832 до 7 645 563 трлн м<sup>3</sup>. Донині у світі виявлено понад 220 метаногідратних покладів на шельфі океанів і морів. Проте в даний час видобування більшості їх запасів технічно неможливе. На сьогодні в світі існує лише два газогідратних родовища, які промислово розробляються: вічна мерзлота канадської провінції Маккензі і Мессояхське родовище на півночі Росії [95].

В Україні ресурси природного газу зосереджені в трьох нафтогазоносних регіонах: Західному, Східному та Південному і на 2009 р. склали 980 млн. м<sup>3</sup>, що є третім показником в Європі [129]. Основні запаси природного газу, які придатні для промислової розробки, зосереджені в Дніпровсько-Донецькій нафтогазоносній області, що була відкрита в 1950-і рр. Найбільші родовища газу – Шебелинське, Західно-Хрестищинське, Єфремівське. Більшість перспективних газових родовищ розміщені в Причорноморсько-Кримській нафтогазоносній області на глибині до 4500 м [53]. У 2010 році видобуток природного газу в нашій державі становив 20,5 млрд. м<sup>3</sup> (за даними компанії Нафтогаз України) [95].

За даними Національної комісії регулювання електроенергетики України (НКРЕ), Україна має значні ресурси метану у вугільних родовищах – від 12 до 22 трлн. м<sup>3</sup> (в Донецькій і Луганській областях – 7-8 трлн. м<sup>3</sup>). Проте значна частина метану вугільних пластів знаходиться в зв'язаному стані (вугілля є хорошим сорбентом) і лише незначна його кількість – у вільному і розчиненому вигляді. Тому до сьогоднішнього дня об'єми видобування і використання метану незначні: декілька сотень млн. м<sup>3</sup>. Сумарні запаси метану вугільних пластів, що придатні до видобування в Донецькому і Львівсько-Волинському басейні становлять близько 900 млрд. м<sup>3</sup>. При цьому в Донбасі максимальна потужність вугільних пластів – близько 2 м, тому використання американських технологій видобування метану нерентабельне. За даними Мінвуглепрому України, собівартість видобування метану вугільних пластів може скласти близько \$100-120 за 1000 м<sup>3</sup>. В даний час на 62 шахтах використовують підземну дегазацію, але здійснено утилізацію лише близько 80 млн. м<sup>3</sup> метану, що складає всього 4% загального газовиділення. Це в 4-5 разів менше європейських показників. Разом з тим, у Донецькому басейні є шахти, де газонасиченість вугільних пластів складає близько 20 м<sup>3</sup>/т, а запаси метану – від 0,2 до 4,7 млрд. м<sup>3</sup> [4; 95].

Вугілля було першим із промислово використовуваних людиною видів викопного палива. Воно утворюється в результаті поховання торфу під ін-

шими нашаруваннями, внаслідок чого під дією тиску і температури торф втрачає воду і гази та піддається ущільненню. Розрізняють буре вугілля, кам'яне та антрацит. Буре вугілля – наймолодше із викопного вугілля, має бурий колір, містить 65-75% вуглецю і багато вологи (до 20%), тому має низьку теплоту згорання (10-16 МДж/кг) і використовується, головним чином, як місцеве паливо. Кам'яне вугілля містить 80-93% вуглецю, до 10% вологи (3-4% внутрішньої), тому має вищу теплоту згорання (24-30 МДж/кг) порівняно з бурим вугіллям [62]. Антрацит має сіро-чорний колір з металічним блиском і майже цілком (до 96 %) складається з вуглецю. Має найбільшу серед вугілля теплоту згорання (33-35 МДж/кг), але погано запалюється. Не спікається. Використовується переважно в хімічній промисловості [64].

Спосіб видобування вугілля залежить від глибини його залягання. Розробка ведеться відкритим способом у вугільних розрізах, якщо глибина залягання вугільного пласта не перевищує 100 метрів. Нерідко бувають випадки, коли при все більшому заглибленні вугільного кар'єру далі вигідно вести розробку вугільного родовища підземним способом. Для видобування вугілля з великих глибин використовуються шахти. В найглибших шахтах вугілля добувається з глибини понад 1200 метрів [95].

Вартість вугілля є нижчою порівняно з мазутом і газом. Однак основна складність використання вугілля полягає у високому рівні викидів шкідливих речовин у результаті його спалювання. Особливо небезпечним є канцерогенний ізотоп вуглецю. Крім того, праця шахтарів завжди вважалась тяжкою і небезпечною для життя. На шахтах часто трапляються обвали, викиди шахтного метану з наступним вибухом повітряно-метанової суміші. Терикони шахт стали невід'ємним пейзажем шахтарського краю. Вітром з них в навколишнє середовище здувається велика кількість пилу. Шахтні води часто піднімаються на поверхню, затоплюючи шахтарські селища і роблячи воду в навколишніх колодязях непридатною для вживання.

Розвідані світові запаси вугілля на 2009 р. становили 826 млрд. т (із яких 411 млрд. т припадає на кам'яне вугілля і 415 млрд. т – на буре). Найбільші в світі запаси вугілля зосереджені в США, Росії та Китаї [129]. Світова потреба в вугіллі на 2010 р. становила 4293 млн. т., тобто розвіданих запасів вугілля вистачить на 210 років видобування [95].

Вугілля переважає в структурі виробництва (видобутку) палива в Україні. Питома вага вугілля становить майже 60%, тоді як на нафту припадає близько 7%, на природний газ – 25%. Разом з тим в споживанні паливно-енергетичних ресурсів домінуюча роль належить природному газу. Питома вага природного газу в загальному споживанні котельно-пічного палива становить близько 54%, тоді як вугілля – лише 24%, паливного мазуту – 6% [108].

Розвідані запаси вугілля в Україні становлять 34 млрд. т (із яких 15 млрд. т припадає на кам'яне вугілля 18 млрд. т – на буре), що відповідає 4% світових запасів [129]. В Україні вони зосереджені в Донецькому і

Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні та в Дніпровському вугільному басейні.

Запасів вугілля Донецького кам'яновугільного басейну при річному видобутку 100 млн. т вистачить на більш ніж 600 років. Однак умови залягання вугілля в Донбасі складні: глибина – 1200 м, товщина пластів – 0,5-2,0 м, висока крутизна падіння пластів, що ускладнює його видобуток і зумовлює його високу собівартість. Балансові запаси вугілля у Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні становлять близько 1% загальнодержавних. Щорічне видобування становить 14 млн. т вугілля. Порівняно з Донбасом загальні показники якості вугілля нижчі, воно характеризується меншою теплотворністю та більш високою зольністю. Однак видобуток вугілля у Львівсько-Волинському басейні менш складний, глибина залягання становить 300-650 м, товщина пластів – 0,5-1,0 м. Родовища бурого вугілля зосереджені у Дніпровському вугільному басейні, частково в межах Донецького басейну, а також в Закарпатській, Полтавській, Харківській областях. Запаси антрацитів в Україні зосереджені на Донбасі. В структурі балансових запасів вугілля в Україні антрацити становлять 11,3% [64].

Середня вартість вугілля в Україні відповідно до доповнення до наказу Мінвуглепрому №69 від 25 лютого 2011 року становить 625 грн/т. При цьому вартість енергії, отриманої від спалювання такого вугілля, є однією із найнижчих – 0,019 євро/кВт-год (для прикладу, вартість енергії, отриманої при спалюванні дров, становить 0,021 євро/кВт-год, дизпалива – 0,027 євро/кВт-год, електроенергії – 0,033 євро/кВт-год) [53].

До мінеральних видів палива з порівняно високим рівнем запасів відносяться торф та горючі сланці.

Торф утворюється в результаті скупчення рослинних залишків в умовах боліт, із-за чого вони піддаються неповному розкладанню. Торф буває верховий, низинний і перехідний. На виробництво енергії придатний тільки верховий та перехідний торф.

Торф містить 50-60% вуглецю, високу вологість (40-50%) і багато кисню, в результаті чого його теплота згорання становить 10,5-14,5 МДж/кг.

Великі запаси торфу містяться в Німеччині, Швеції, Фінляндії, Росії, Індонезії, Канаді, Ірландії, Великобританії, ряді штатів США.

В Україні основні родовища торфу знаходяться в Львівській, Рівненській, Київській, Житомирській, Чернігівській та Сумській областях. Разом з тим торф складає досить незначну частину паливного балансу України (переважно для опалення будинків в сільській місцевості) [64].

Горючими сланцями називаються тверді горючі корисні копалини, осадові (глинисті, вапнякові та піщанисті) гірські породи, що містять 10-50%, органічної речовини (керогену). Як правило, це спресовані рештки найпростіших водоростей, які ще називають сапропелевим вугіллям. Органічна речовина горючих сланців характеризується високим вмістом водню (7-10%). Зольність сланців досить велика і доходить до 50-60%, вологість також під-

вищена – 15-20%. Через високий вміст баласту і вологи в горючих сланцях їх теплота згорання низька – 3,8-10 МДж/кг, при високій теплоті згорання робочої маси – 27,2-33,5 МДж/кг [64].

Загальні потенційні ресурси горючих сланців в світі оцінені в 650 трлн. т. Основні ресурси – близько 430-450 трлн. т, зосереджені в США (штати Колорадо, Юта, Вайомінг) і пов'язані з формацією Грін-Рівер. Великі поклади горючих сланців є в Бразилії, КНР, менші – в Болгарії, Великобританії, Росії, ФРН, Франції, Іспанії, Австрії, Канаді, Австралії, Італії, Швеції, на території колишньої Югославії.

На території України родовища горючих сланців є на правобережжі Дніпра, в межах Дніпровсько-Донецької западини, в Карпатах і Кримських горах. Геологічні запаси горючих сланців в Україні до глибини 200 м складають понад 500 млрд. т. Вони залягають потужними пластами від десятків до 1500 м смугою вздовж східного схилу Карпат і в долинах, які прилягають до гірського масиву від кордону з Польщею на півночі до Румунії на півдні. На початку 60-х років минулого століття було відкрито найбільше в світі родовище горючих сланців – Бовтишське (Кіровоградська область). Запаси цього родовища складають близько 3,8 млрд. т. Потужність продуктивних пластів горючих сланців сягає 400 м. Але у зв'язку з тим, що в якості паливно-енергетичної продукції на той час панувала дешева західносибірська нафта, то Бовтишське родовище горючих сланців було зарезервоване [64].

Внаслідок високого вмісту зовнішнього баласту горючі сланці доцільно використовувати поблизу місць їх видобування для зменшення непродуктивних транспортних витрат на перевезення великої маси золи і вологи. Тому горючі сланці, як і торф та буре вугілля, відносяться до місцевих палив.

Основна маса горючих сланців спалюється на теплоелектростанціях. Смола (сланцеве масло), отримана з горючих сланців шляхом піролізу, використовується в якості рідкого палива та хімічної сировини. З горючих сланців шляхом газифікації і сухої перегонки також отримують горючі гази.

Ще донедавна вважалась, що всі мінеральні палива, запаси яких вичерпуються, зможе замінити атомна енергетика, адже 1 кг урану виділяє стільки ж енергії, як і 3 млн. кг вугілля, а собівартість атомної енергії одна із найнижчих – 0,022 \$/кВт·год. Однак аварія на Чорнобильській АЕС в 1986 р. та на АЕС біля японського міста Фукусіма в 2011 р., призвела до радіоактивного забруднення великих територій, деякі з яких до сих пір не відновлені, а також до підвищення рівня смертності серед населення, в основному за рахунок росту онкологічних захворювань.

Незважаючи на це, атомний сектор енергетики найбільш значимий у промислово розвинених країнах, де недостатньо природних енергоресурсів, – США, Франції, Японії, Німеччині, Південній Кореї, Великобританії, Україні тощо. В 16 країнах за допомогою АЕС забезпечується понад четверті потреб в електроенергії.

За даними World Nuclear Association, на 2009 р. розвідані запаси урану в світі становлять 2438,1 тис. т. Із цих запасів розробляється 55772 т. Основні прогностичні ресурси урану зосереджені в США, Китаї, Монголії, Росії, ПАР, Бразилії, Намібії, Узбекистані, Австралії та Україні (має найбільші підтверджені запаси урану в Європі, частка в світових ресурсах – 1,8%). У цих 10 країнах зосереджено 88% світових загальних запасів урану. Австралія, Казахстан, ПАР та Україна забезпечені підтвердженими запасами більш ніж на 100 років. У Нігерії забезпеченість такими запасами становить 20 років, у Канаді приблизно 30, в Узбекистані – 40, в Намібії і США – по 50, в Росії – 70 років. Однак з урахуванням постійного зростання видобутку терміни погашення підтверджених запасів можуть істотно скоротитися. У Росії, наприклад, при рівні прогнозованого видобутку близько 10 тис. т урану в рік, підтверджені запаси, навіть разом з їх резервом, будуть вичерпані протягом 20 років [95].

Якщо ж враховувати 442 енергоблоки загальною потужністю 356746 МВт, що діяли в 30 країнах світу, близько 300 науково-дослідних і експериментальних ядерних реакторів в 56 країнах світу та понад 200 ядерних реакторів, які є енергетичними установками кораблів [16], то для забезпечення їх паливом щороку потрібно видобувати 67 тис. т. урану, тобто вже на сьогодні забезпеченість ядерних реакторів паливом складає близько 80%. А слід врахувати, що в світі в стані будівництва знаходиться ще 35 енергоблоків.

Отже, із вищезазначеного випливає, що запасів урану вже не вистачає для забезпечення роботи всіх атомних електростанцій, розвіданих запасів нафти вистачить на 45 років видобування, природного газу газових родовищ – трохи більше, як на 60 років. Запаси вугілля в світі ще досить великі (його вистачить на 210 років видобування), однак при його спалюванні спостерігається інтенсивне забруднення довкілля. Особливо небезпечним є радіоактивний ізотоп вуглецю. В світі також залишаються досить великі запаси торфу і горючих сланців, однак через низьку їх теплоту згорання при високій вартості перевезень вони залишаються місцевими видами палив. Тому людство вже зараз веде пошук інших видів енергії [95].

## **1.2. Вплив палив на екологію Землі**

Ще одним фактором, що впливає на відмову від використання деяких мінеральних ресурсів, є екологія, питання збереження якої останнім часом виходить на перший план. За зміною клімату в світі вже нині очевидне настання глобального потепління, в результаті якого тануть льодовики, підвищується рівень Світового океану.

Як наслідок перерахованих змін можна очікувати посилення вітрів, збільшення інтенсивності тропічних циклонів (загальна тенденція до посилення яких відмічена ще в ХХ столітті), зростання частоти сильних опадів та значне розширення районів засух. Міжурядова комісія визначила ряд

районів, що є найбільш чутливими до очікуваних змін клімату, – це район Сахари, Арктика, мегадельти Азії, невеликі острови.

До негативних змін в Європі відносяться підвищення температур та посилення засух на півдні (в результаті – зменшення як водних ресурсів, так і вироблення гідроелектроенергії та продукції сільського господарства, погіршення умов туризму), зниження снігового покриву і відступання гірських льодовиків, підвищення ризику сильних паводків та катастрофічних повеней на річках, посилення літніх опадів в Центральній і Східній Європі, збільшення частоти лісових пожеж та вигорання торф'яників, а також скорочення продуктивності лісів і зростання нестійкості ґрунтів в Північній Європі. В Арктиці ж спостерігається катастрофічне скорочення площ покривного заледеніння та морських льодів, посилюється ерозія берегів.

Деякі дослідники (наприклад, П. Шварц і Д. Ренделл) пропонують песимістичний прогноз, згідно якого вже в першій чверті XXI століття можливий різкий стрибок клімату в непередбачуваний бік, причому наслідком може бути настання нового льодовикового періоду тривалістю в сотні років.

На думку вчених, нинішнє глобальне потепління обумовлюється викидом в атмосферу так званих парникових газів, які руйнують озоновий шар атмосфери.

Парниковий ефект був виявлений Жозефом Фур'є в 1824 р., а вперше кількісно досліджений – Сванте Ареніусом в 1896 р. [53].

Більшість дослідників вважають, що основною причиною глобального потепління є викиди в атмосферу так званих парникових газів, які не дозволяють інфрачервоним тепловим променям, які відбиваються від земної поверхні, повертатись в космічний простір, що й викликає нагрівання атмосфери і поверхні планети.

На Землі основними парниковими газами є: водяна пара (частка її участі в утворенні парникового ефекту складає близько 36-70%, без урахування хмар), вуглекислий газ ( $CO_2$ ) – 9-26%, метан ( $CH_4$ ) – 4-9% та озон – 3-7% [125]. Атмосферні концентрації  $CO_2$  і  $CH_4$  збільшилися на 31% і 149% відповідно порівняно з початком промислової революції у середині XVIII століття. Такі рівні концентрації досягнуті вперше за останні 650 тисяч років – період, відносно якого достовірні дані були одержані зі зразків полярного льоду [53].

В результаті широкого консенсусу серед учених-кліматологів щодо продовження росту глобальних температур ряд держав, корпорацій та окремих людей намагаються запобігти глобальному потеплінню або ж пристосуватися до нього, пропонуючи при цьому інколи досить фантастичні ідеї. Багато екологічних організацій ратують за впровадження заходів щодо змін клімату переважно споживачами, а також на муніципальному, регіональному та урядовому рівнях. Деякі також виступають за обмеження світового виробництва викопних видів палива, посиляючись на прямий зв'язок між спалюванням палива і викидами  $CO_2$ .

На сьогодні основною світовою угодою на протидію глобальному потеплінню є Кіотській протокол (узгоджений в 1997 р., набув чинності в 2005 р.), доповнення до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату. Протокол включає понад 160 країн світу і покриває близько 55% загальносвітових викидів парникових газів. Перший етап виконання зазначеного протоколу закінчиться в кінці 2012 р. Міжнародні переговори про нову угоду почалися в 2007 р. на острові Балі (Індонезія) [53].

У 1980 р. понад 100 мільйонів тонн  $CO_2$  було викинуто в атмосферу в східній частині Північної Америки, Європі, західній частині СРСР і великих містах Японії. Викиди  $CO_2$  розвинених країн в 1985 р. склали 74% від загального об'єму, а країн, що розвиваються, – 24%. Учені припускають, що до 2025-го року частка країн, що розвиваються, у виробництві вуглекислого газу зросте до 44 % [53]. Останніми роками Росія і країни колишнього СРСР значно скоротили викиди в атмосферу  $CO_2$  та інших парникових газів, що в першу чергу пов'язано зі змінами, які відбуваються в цих країнах, та падінням рівня виробництва. Проте вчені очікують, що на початку ХХІ ст. ці країни знову досягнуть колишніх об'ємів викиду в атмосферу парникових газів.

У грудні 1997 р. на зустрічі в Кіото (Японія), присвяченій глобальній зміні клімату, делегатами із понад 160 країн світу була прийнята конвенція, яка зобов'язує розвинені країни скоротити викиди  $CO_2$ . Кіотський протокол зобов'язує тридцять вісім індустріально розвинених країн скоротити до 2008-2012 років викиди  $CO_2$  на 5,2% від рівня 1990 р. Окреме зобов'язання щодо їх зниження взяли Японія – на 6%, США – на 7% та Європейський Союз – на 8%. Україні, як і іншим країнам пострадянського простору (крім прибалтійських країн), квоти на викиди парникових газів до 2012 р. виділені на рівні 1990 р. [53].

Протокол також передбачає систему квот на викиди парникових газів, суть якої полягає в тому, що кожна з країн (поки це відноситься лише до тридцяти восьми країн, які узяли на себе зобов'язання скоротити викиди) одержує дозвіл на викид певної кількості парникових газів. Причому у випадках, коли країни або компанії перевищать власну квоту викидів, вони зможуть купити право на додаткові викиди у тих країн або компаній, викиди яких менше виділено їм квоти. Таким чином, очікується, що головна мета – скорочення викидів тепличних газів протягом наступних 15 років на 5% – буде виконана.

Проте існує конфлікт і на міждержавному рівні. Країни, що розвиваються (наприклад, Індія і Китай) та вносять значний внесок в забруднення атмосфери парниковими газами, були присутні на зустрічі в Кіото, але не підписали угоду. Такі країни взагалі з настороженістю сприймають екологічні ініціативи індустріальних держав. Аргументи прості:

– основне забруднення тепличними газами здійснюють розвинені країни;



– посилення контролю вигідне індустріальним країнам, оскільки це стримуватиме економічний розвиток країн, що розвиваються.

Однак у людства іншого шляху немає – щоб зберегти нашу планету, необхідно зменшити викиди парникових газів в атмосферу. Оскільки ж вони утворюються переважно при спалюванні мінеральних палив, необхідно розвивати альтернативну енергетику: енергію вітру, сонця, морів і океанів, геотермальну енергію та використовувати біопалива.

### **Запитання для самоконтролю**

1. Охарактеризуйте ситуацію із запасами мінеральних палив в світі та в Україні. 2. Які джерела енергії застосовували в минулому і використовуються в наш час та чому? 3. Чому необхідно шукати заміну традиційним джерелам енергії? 4. Назвіть особливості споживання енергії в Україні. 5. Який вплив інтенсивне спалювання палив здійснює на довкілля? 6. Що таке «парниковий ефект» і «глобальне потепління» та чим вони викликані? 7. Які гази відносяться до парникових? 8. Розкажіть про механізм виникнення парникового ефекту. 9. Що таке Кіотський протокол? В чому його суть? Розкажіть про причини його прийняття. 10. Які існують напрямки боротьби із глобальним потеплінням?

## Розділ 2

# ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

### 2.1. Загальна характеристика відновлюваної енергетики

**Відновлюваною енергетикою** називається використання енергії з відновлюваних джерел.

**Відновлювана або регенеративна енергія** – це енергія з джерел, які за людськими масштабами є невичерпними. Міжнародне енергетичне агентство (МЕА) визначає її як енергію, отриману з сонця, вітру, геотермальних, гідроенергетичних та океанських ресурсів, а також твердої біомаси, біогазу та рідких біопалив. Відновлювана енергія відрізняється від енергії побутових чи промислових відходів тим, що останні можуть бути як відновлюваними (містять речовини, що піддаються біологічному розкладу), так і невідновлюваними. Незважаючи на це, в багатьох випадках обидві категорії відходів розглядаються разом і МЕА не відносить їх до категорії відновлюваних джерел енергії.

В Україні визначення відновлюваної енергії дещо ширше. Воно часто використовується як синонім нетрадиційної або альтернативної енергії, що включає торф, низькопотенційне тепло Землі (використовується у теплових насосах) та вторинні джерела енергії, такі як скидне тепло, побутові та промислові відходи. Іноді до визначення альтернативних джерел енергії також включають шахтний метан, природний газ з невеликих родовищ та інші невідновлювані палива, отримання яких потребує використання інноваційних технологій.

Як і мінеральні джерела енергії, відновлювані ресурси мають як позитивні, так і негативні властивості.

До *переваг* відновлюваної енергетики відносяться повсюдна поширеність більшості їх видів, невичерпність запасів та екологічна чистота. Експлуатаційні витрати з використання нетрадиційних джерел не містять паливної складової, оскільки енергія цих джерел формально є безкоштовною.

До *недоліків* відновлюваної енергетики відносяться мала щільність потоку (питома потужність) і мінливість в часі більшості відновлюваних джерел енергії. Перша обставина змушує створювати великі площі енергоустановок, які "перехоплюють" потік використовуваної енергії (приймальні поверхні сонячних установок, площа вітроколеса, протяжні греблі припливних електростанцій тощо). Це призводить до великої матеріаломісткості подібних пристроїв, а відтак – до збільшення питомих капіталовкладень порівняно з традиційними енергоустановками. Однак слід відмітити, що підвищені капіталовкладення згодом окупаються за рахунок низьких експлуатаційних затрат, але на початковій стадії вони чутливо "б'ють по кишені" тих, хто хоче використовувати відновлювані джерела енергії.

Більше незручностей створює мінливість в часі таких джерел енергії, як сонячне випромінювання, вітер, припливи, стік малих річок, тепло до-вкілля. Наприклад, якщо зміна енергії припливів строго циклічна, то процес надходження сонячної енергії, хоча в цілому і закономірний, проте містить значну частку випадковості, пов'язану з погодними умовами. Ще більш мінлива і непередбачувана енергія вітру, на відміну від геотермальних установок, які при незмінному дебіті геотермальних ресурсів в свердловинах гарантують постійне вироблення енергії (електричної або теплової). Стабільне виробництво енергії, за умови забезпечення необхідною кількістю сировини, можуть забезпечити й установки, що використовують біомасу [114].

## 2.2. Сонячна енергетика

**Сонячною енергетикою** називається галузь енергетики, пов'язана з розробкою методів і засобів перетворення енергії сонця в теплову або електричну енергію.

В народному господарстві сонячну енергію, як правило, переводять в електричну енергію (прямо або опосередковано). Для цього існують наступні види сонячних електростанцій:

1. Фотоелектричні електростанції.
2. Геліотермальні електростанції.
3. Термоповітряні електростанції.
4. Сонячні аеростатні електростанції.

На сьогоднішній день в промисловому масштабі використовуються фотоелектричні та геотермальні електростанції.

Також енергію сонця використовують для обігрівання будинків і гарячого водопостачання за допомогою сонячних колекторів.

**Сонячний колектор** – пристрій для збору енергії Сонця, що переноситься видимим світлом і ближнім інфрачервоним випромінюванням.

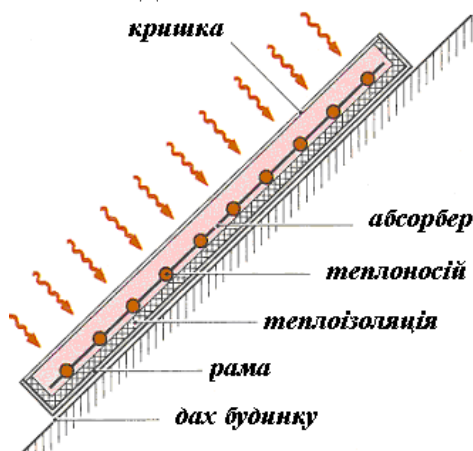


Рис. 2.1. Схема плоского сонячного колектора [53]

Сонячні колектори підрозділяються на плоскі, вакуумні та колектори-концентратори.

**Плоский колектор** (рис. 2.1) складається з елемента, що поглинає сонячне випромінювання, прозорого покриття і термоізолюючого шару. Поглинаючий елемент називається абсорбером; він зв'язаний з теплопровідною системою. Прозорий елемент звичайно виготовляється із загартованого скла з пониженим вмістом металів. За відсутності розбору тепла (застої) плоскі колек-

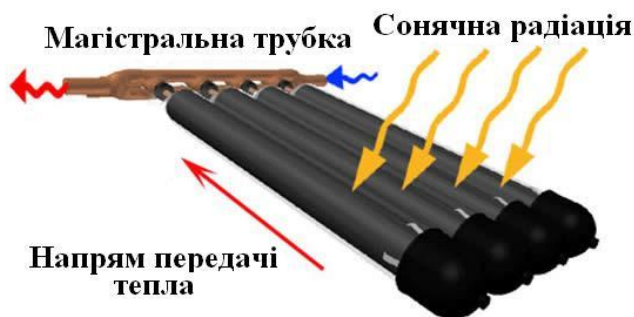
тори здатні нагрівати воду до температури 190-200°C.

Ефективність плоского колектора залежить від здатності абсорбера поглинати сонячну енергію. На сьогодні в якості абсорбера використовується листовая мідь (має високу теплопровідність).

Підвищити ефективність сонячного колектора можна за рахунок зменшення теплових втрат в результаті використання багат шарового скляного покриття, герметизації або створення в колекторах вакууму.

Сонячний водонагрівач з **вакуумним колектором** (рис. 2.2) складається з двох основних елементів:

- зовнішнього блоку – сонячних вакуумних колекторів;
- внутрішнього блоку – резервуара-теплообмінника.



**Рис. 2.2.** Принцип роботи вакуумного колектора [53]

Сонячний вакуумний колектор забезпечує збір сонячного випромінювання в будь-яку погоду, послаблюючи залежність від зовнішньої температури. Коефіцієнт поглинання енергії колекторів сягає 98%, але через втрати, пов'язані з віддзеркалюванням світла скляними трубками і їх неповною світлопроникністю, він значно нижчий.

Резервуар-теплообмінник є системою перетворення, підтримки і збереження тепла, одержаного від енергії сонця, а також від інших джерел енергії (наприклад, традиційний опалювальний пристрій, що працює на електриці, газі або дизпаливі), які страхують систему при недостатній кількості сонячної радіації. Нагріта вода поступає з теплообмінника внутрішнього блоку в радіатори системи опалювання, а вода з резервуара використовується для гарячого водопостачання.

Температура теплоносія у вакуумних колекторах може досягати 250-300°C у режимі обмеження розбору тепла. Сонячні водонагрівачі можуть бути активного або пасивного типів. Активна система використовує електричний насос для циркуляції рідини через колектор; пасивна система не має насоса і покладається тільки на природну циркуляцію.

Вартість імпортованих високоефективних сонячних колекторів становить 250-400 \$/м<sup>2</sup>, вітчизняних – 100-170 \$/м<sup>2</sup>. Термін окупності устаткування –

6-7 років [37]. Середня вартість нагрітої сонцем води за допомогою плоских та вакуумних сонячних колекторів становить 190 \$/МВт·год [81].

Фотоелектричні електростанції в якості робочого органу застосовують **фотоелемент (фотоелектричний перетворювач, ФЕП)** – електронний прилад, який перетворює енергію фотонів в електричну енергію. В якості фотоелементів застосовуються напівпровідники.

Перетворення енергії у ФЕП базується на фотовольтагічному ефекті, який виникає в неоднорідних напівпровідникових структурах при дії на них сонячного випромінювання.

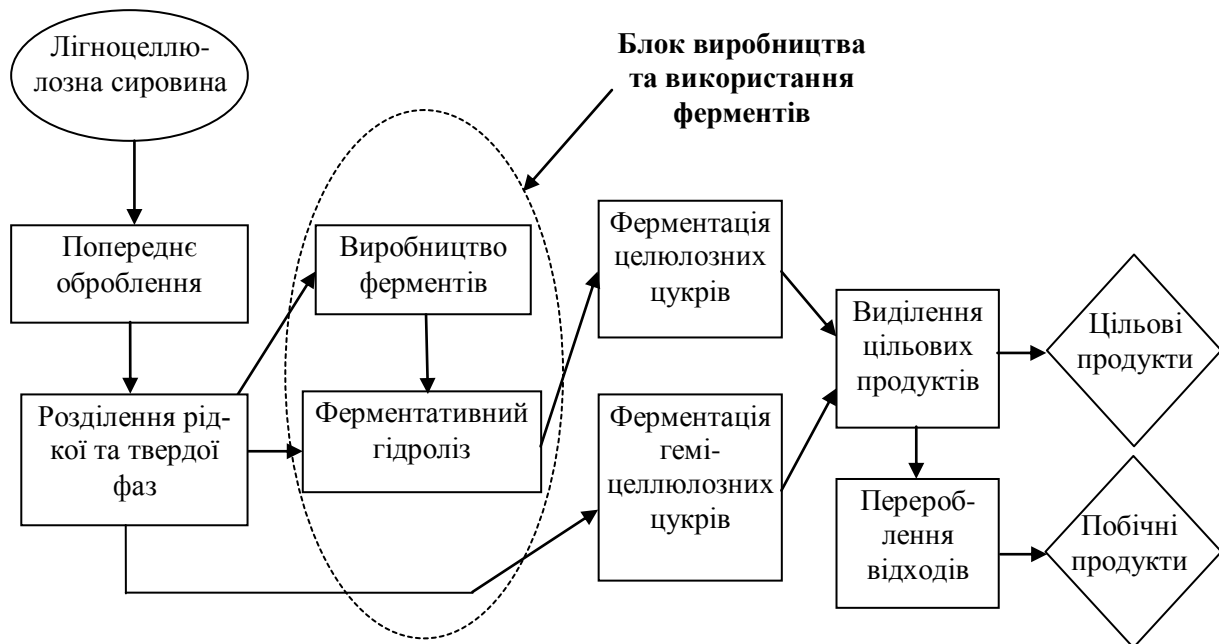
Сонячні електростанції, що використовують фотоелементи, складаються з великого числа окремих модулів (фотобатарей, набраних з окремих фотоелементів) різної потужності. Вони широко застосовуються для енергозабезпечення як малих, так і крупних об'єктів. Встановлюватися фотобатарей можуть практично скрізь, починаючи від крівлі та фасаду будівлі і закінчуючи спеціально виділеними територіями. Встановлені потужності теж коливаються в широкому діапазоні, починаючи від постачання окремих насосів і закінчуючи електропостачанням невеликого селища.

Електроенергія, отримана за допомогою фотоелементів, відзначається високою собівартістю в зв'язку з високими цінами на самі фотоелементи. При промисловій генерації електроенергії за допомогою фотоелементів ціна за МВт·год складає 250-450 \$ [81].

В **геліотермальних електростанціях** в якості робочих органів виступають **сонячні колектори-концентратори** з параболічними і параболоциліндричними відбивачами або лінзами Френзеля. У фокусі концентраторів розміщується трубка з теплоносієм, в якості якого виступає мінеральне масло (нагрівається до температури 300-390°C), фотоелемент або двигун Стірлінга.

Також застосовуються **концентратори баштового типу (сонячна башта)**. Сонячні електростанції баштового типу (рис. 2.3) базуються на принципі отримання водяної пари з використанням сонячної радіації. У центрі станції стоїть башта висотою від 18 до 24 метрів, на вершині якої знаходиться резервуар з водою. Цей резервуар забарвлений чорним кольором для кращого поглинання теплового випромінювання. Також в цій башті знаходиться насосна група, що доставляє пару на турбогенератор, який знаходиться поза баштою. По колу від башти на деякій відстані розташовуються геліостати. Геліостат – дзеркало площею в декілька квадратних метрів, закріплене на опорі і підключене до загальної системи позиціонування. Тобто залежно від положення сонця, дзеркало мінятиме свою орієнтацію в просторі.

Основне і саме трудомістке завдання – це позиціонування всіх дзеркал станції так, щоб у будь-який момент часу всі відбиті промені від них потрапили на резервуар. У ясну сонячну погоду температура в резервуарі може сягати 700°C, а тиск – 15 МПа. Такі температурні параметри викорис-



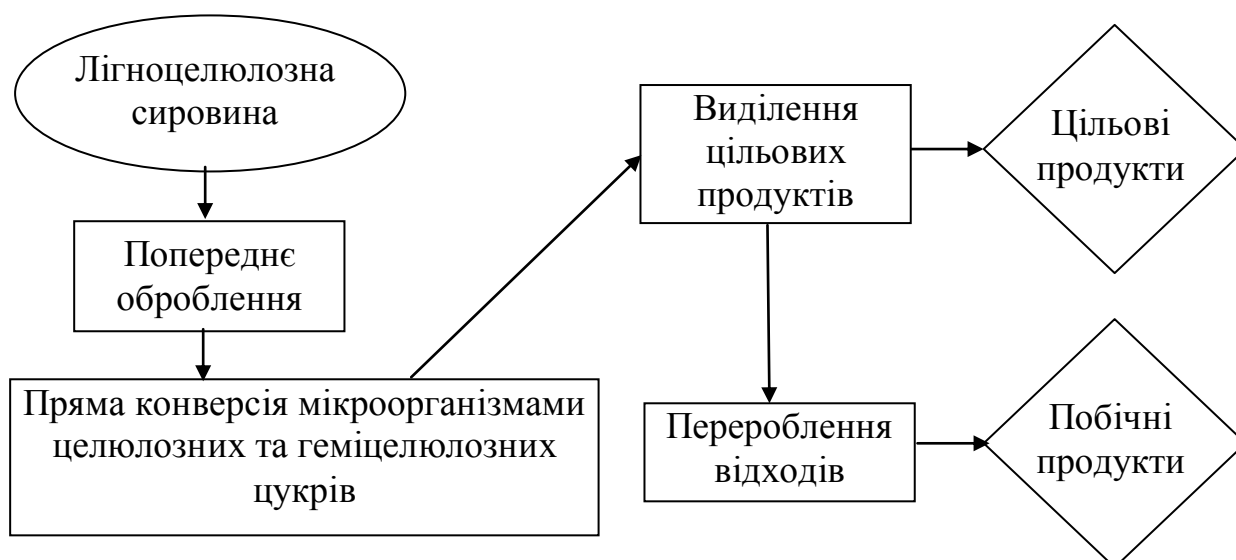
**Рис. 9.8.** Схема перероблення лігноцелюлозної сировини з попереднім гідролізом його компонентів [120]

Одержання вищого вмісту цукрів має певні ускладнення через наявність баласту (лігніну та інших нерозчинних речовин). Зцукрювання целюлози і бродіння проходить одночасно (процес SSF – Simultaneous Saccharification and Fermentation). Потім отримані бражки змішують і переганяють для отримання етанолу. Відходи (барду), що містять лігнін і несферментовані компоненти сировини, перероблюють шляхом розділення фаз, згущування і висушування.

Останнім часом отримані рекомбінантні дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*, що містять гени, які відповідають за трансформацію ксилози в етанол. Такий організм зброджує змішане гексозо-пентозне сушло. У середовищі з вмістом 35 г/л ксилози і 65 г/л глюкози накопичується 45 г/л етанолу за 30 годин. Роботи над вдосконаленням продуцентів продовжуються, оскільки промисловості потрібні штами з більшою швидкістю метаболізму ксилози та з меншою часткою утворенням побічних продуктів – ксиліту і гліцерину.

Використання таких продуцентів дозволяє здійснювати одночасно процеси ферментативного гідролізу сировини і зброджування в етанол гексоз і пентоз (процес SSCF – Simultaneous Saccharification and Cofermentation), але з паралельним отриманням целюлаз, які застосовуються для гідролізу.

Найпривабливішим технологічним рішенням з переробки лігноцелюлозної сировини є використання мікроорганізмів, що продукують целюлази і які здатні ферментувати продукти власного гідролізу полісахаридів в етанол (рис. 9 9).



**Рис. 9.9.** Схема прямої ферментації лігноцелюлозної сировини [120]

Останніми роками в світі введено в дію декілька промислових установок з виробництва паливного етанолу з рослинних відходів. У грудні 2004 р. почав давати промислову продукцію дослідний завод в Оттаві (Канада). Він є спільним підприємством фірм «Iogen» (відомий виробник целюлолітичних ферментів), «Petro-Canada» та «Royal Dutch Shell» з річною продуктивністю 100 млн. л етанолу і використовує як сировину пшеничну та кукурудзяну солому, а також гілки дерев. Канадське підприємство на основі порівняння рекомбінантних штамів *E. coli*, *Z. mobilis* та *S. cerevisiae* у своєму виробництві застосовує штами *S. cerevisiae*, сконструйовані групою N. Но. Буде перевірено також *P. stipitis* як ферментуючий організм. У 2005 р. запрацював експериментальний завод з виробництва паливного етанолу з деревної тирси в Омсколдсвік (Швеція). Завод використовує рекомбінантні штами *S. cerevisiae*, сконструйовані групою B. Hahn-Hagerdal, і технологію, опрацьовану групою G. Zacchi. Існуючі підприємства поки що нерентабельні [111] (собівартість виробництва біоетанолу з целюлози на 2006 р. становила 0,65-1 євро/л, тоді як із зерна в ЄС – 0,4-0,65 євро/л, із кукурудзи в США – 0,3-0,5 євро/л, із цукрової тростини в Бразилії – 0,3-0,3 євро/л [128]), але їхня діяльність допоможе відпрацювати промислову технологію продукування паливного етанолу з лігноцелюлози, виявити критичні фактори, що впливають на економіку цієї галузі, та накреслити основні шляхи вдосконалення технології для створення рентабельного виробництва [111].

В даний час здійснюється будівництво заводу по виробництву біоетанолу з целюлози в штаті Луїзіана, США.

**Зневоднення етанолу.** Станція зневоднення є невід'ємною складовою технологічного процесу виробництва біоетанолу.

На сьогодні відомі наступні способи зневоднення етанолу:

– скріплення води твердими або рідкими водопоглинаючими речовинами;

- соляна ректифікація;
- ректифікація під вакуумом;
- азеотропна ректифікація;
- адсорбція на молекулярних ситах;
- мембранне зневоднення.

Застосовуючи методи ректифікації при атмосферному і підвищеному тиску, можна отримати продукт, що містить не більше 95,57% масових частин етанолу. Подальше зміцнення такими методами неможливе, оскільки при такому вмісті етанолу утворюється неокремо кипляча (азеотропна) суміш. Пари, що утворюються, при даній міцності матимуть той же склад, що і рідина, а отже, при випаровуванні зміцнення відбуватися не буде.

Аби видалити залишки води, необхідно застосувати спеціальні способи зневоднення. Одним з таких способів може бути перегонка під вакуумом. При досить глибокому вакуумі (залишковий тиск 0,05 ат) може бути отриманий абсолютний (безводий) спирт. Проте створення такого вакууму в промислових установках є справою настільки складною, що спосіб цей не отримав промислового використання [53].

Етанол має широке застосування в народному господарстві. Він застосовується при виробництві хлороформу, етилену, тетраетилсвинцю, дерматину, оцтової кислоти, антифризів, розчинників (оцтовоетилового ефіру, етилового ефіру, етилового ефіру молочної кислоти, ацетальдегіду), вибухових речовин (пороху, гримучої ртуті, гримучого срібла). Етанол використовується в медицині як розчинник для ліків і антисептичний засіб. Він входить до складу одеколонів, духів і туалетних вод у кількості до 98% від ваги продукції. Етанол застосовується для виробництва харчових продуктів (виготовлення лікєро-горілочаних виробів, фруктових вод, газованих напоїв, кондитерських виробів, столового оцту).

Одним із способів його застосування є використання етанолу в якості палива для карбюраторних та інжекторних двигунів автомобілів. Етанол використовується як в чистому вигляді, так і в якості високооктанової добавки до бензину (бензанол, газохол).

До переваг біоетанолу як палива можна віднести те, що він має високі антидетонаційні властивості (октанове число становить 99). Змішуючи його з низькооктановим бензином, підвищують октанове число останнього. Етанол згоряє в циліндрі двигуна повніше, ніж бензин. Границя запалювання горючої суміші при використанні етанолу дуже широка: від 3,95% до 13,65%, внаслідок чого двигун працює спокійно і стійко. Етанол, порівняно з бензином, більш екологічно чисте паливо. Він містить багато кисню, який сприяє повнішому згоранню палива. В результаті зменшуються викиди в атмосферу чадного газу.

Однак етанол має і свої недоліки. Це нижча теплота згорання порівняно з бензином (26 МДж/кг проти 44 МДж/кг для бензину). Тому зменшується потужність двигуна, а витрата палива збільшується. Питома теплота випа-



ровування етанолу майже в три рази вища, ніж бензину, а отже, і випаровуваність його менша. Для роботи двигуна на етанолі і спирто-бензинових сумішах потрібно підігрівати повітря. Через це важко запустити двигун при низьких температурах. Етанол та спирто-бензинові суміші дуже гігроскопічні. Слід зазначити, що як паливо може використовуватись і етанол, що містить значну кількість води. Однак вже при вмісті в етанолі 30% води двигун важко заводиться. Із досвіду початку використання етанолу як палива в США відомо, що етанол абсорбує в себе воду, яка накопичується на дні цистерни при її експлуатації для зберігання бензинів. Утворена суміш замерзає при низьких температурах, що утруднює експлуатацію автомобілів. Крім того, етанол проявляє тенденцію до розчинення раніше нерозчинних осадів в паливних баках, трубопроводах та карбюраторах, що викликає блокування паливних фільтрів і закупорювання жиклерів [53].

Біоетанол сам по собі не може розглядатися як готове автомобільне паливо. У сучасних двигунах для транспортних засобів і сільгоспмашин необхідно застосовувати стандартизовані паливні композиції, що відповідають певним показникам, викладеним у відповідних національних і міжнародних стандартах. Автовиробники виготовляють двигуни, пристосовані для таких палив, і відмовляються від гарантій при використанні інших паливних сумішей.

Поки вміст етанолу в бензин-етанольному паливі не перевищує 10% об. (палива типу E10), його характеристики змінюються неістотно і споживачів (наприклад, в США) навіть не попереджують про наявність етанолу в бензині. Єдиною проблемою, що може виникнути в цьому випадку, є фазова стабільність палива – можливість його розшарування при низьких температурах і контакті з водою. Тому при дистрибуції таких палив необхідний певний рівень технологічної культури, який не завжди досяжний в пострадянських країнах.

Більш стабільними є палива з вмістом понад 30% етанолу в суміші з вуглеводнями, але із зростанням долі етанолу характеристики палива все більш відрізняються від вимог стандартів на звичайні бензини. Доводиться проводити певну адаптацію двигунів і вводити в паливо додаткові компоненти, що "підганяють" його властивості під вимоги стандартів.

Етанол-вуглеводневі паливні суміші прийнято позначати буквою E (від англійського Ethanol) і цифрою, що відповідає процентному вмісту етанолу в суміші. Наприклад, паливо E10 містить приблизно 10% етанолу, E85 – до 85% етанолу. У іноземній літературі зустрічаються визначення Low Blend Fuel, High Blend Fuel (паливна суміш з низьким – 5-15% вмістом етанолу, і високим – 60-95% вмістом етанолу). На сьогоднішній день всі відомі виробники адаптували автомобілі до використання Low Blend Fuels з вмістом етанолу до 10%.

У Західній Європі, США і Бразилії реалізуються палива з вмістом біоетанолу 70-95%. під маркою E85 – E95. Багато автовиробників вже адапту-

вали двигуни під їх використання. Транспорт з такими двигунами отримав назву FFV (Full Flexible Vehicle – повністю гнучкий транспортний засіб), оскільки здатний використовувати паливо з будь-яким вмістом етанолу. Паливні суміші (палива) з етанолом в США умовно класифікуються за наступною схемою:

- E95 – денатурований паливний етанол. Він повинен містити мінімум 92% етанолу, і 2-5% денатурантів – бензину або його компонентів, решта – присадки;

- E85 – паливо «Flex Fuel» згідно американського стандарту ASTM D 5798. Воно підрозділяється на три класи за мінімальним вмістом етанолу – 70%, 74% і 79%. Решта – бензин і присадки;

- E10 – паливо повинне містити близько 10% етанолу, решта – бензин і присадки.

В якості денатурантів заборонено використовувати наступні речовини:

- речовини, що несприятливо впливають на стабільність палива, двигун і паливну систему;

- вуглеводні з температурою кипіння понад 225°C;

- метанол;

- піроли, скипидар, кетон і смоли.

Палива E85 і E95 стабільні при змішенні з водою до 20-30% за об'ємом, а паливо E10 розшаровується вже при додаванні 0,5% води, якщо не містить спеціальних стабілізуючих добавок і присадок. Коли йдеться про розшарування етанолвмісних палив типу E10, мається на увазі, що додавання невеликої кількості води приводить до появи помутніння і потім нижнього шару більшого об'єму – за рахунок сорбції водою етанолу з вуглеводнево-етанольної суміші. В цьому випадку, навіть краплі води на дні бензобака де-стабілізують сумішеве паливо, відбувається його розшарування.

Використання як палива бензин-етанольних сумішей з вмістом етанолу 10-70% потребує вирішення трьох основних питань:

- забезпечення фазової стабільності при змішуванні із звичайними бензинами і при потраплянні води (підтоварної або відстою в бензобаку);

- забезпечення стабільного згорання у всьому діапазоні навантажень і температур експлуатації транспортного засобу (виключення "провалів" і проблем холодного запуску);

- пониження октанового числа бензин-етанольних сумішей з вмістом етанолу понад 10% до прийнятних 95-100 одиниць за дослідницьким методом.

Як стабілізатори бензин-етанольних сумішей можна використовувати: аліфатичні спирти C<sub>3</sub>-C<sub>12</sub> нормальної і розгалуженої будови, феноли, алкілацетати, прості і складні ефіри і їх металоорганічні похідні, кетон, аміни, поверхнево активні речовини (ПАВ), а також гліколі і їх ефіри, альдегіди, кеталі, ацеталі, алкілкарбонати, карбонові кислоти і суміші вказаних сполук. Добавка стабілізаторів перешкоджає розшаруванню спиртовмісного

бензину до температури мінус 23-40°C. Хорошим і при цьому дешевим стабілізатором є сивушні масла, що забезпечують гомогенність палива при температурі вище мінус 25°C.

Стійкість бензин-етанольних сумішей до розшаровування залежить від складу бензину, вмісту етанолу і вмісту води в композиції. Із збільшенням концентрації ароматичних сполук в бензині і збільшенням вмісту в паливі етанолу температура помутніння (перша стадія розшаровування) знижується. Проте кількість води в суміші є визначальним чинником.

Низький тиск насиченої пари і висока теплота пароутворення етанолу утруднюють запуск двигунів вже при температурах нижче 10°C. Для поліпшення пускових якостей в етанолвмісне паливо типу E85 додають 4-6% ізопентану або 6-8% диетилового (диметилового) ефіру чи етилацетату, що забезпечує нормальний запуск двигуна при температурі повітря до мінус 30°C.

Інші пов'язані із застосуванням спиртвмісних палив питання, окрім адаптації двигунів, вирішуються введенням в бензин-етанольну суміш добавок і присадок різного функціонального призначення загальним вмістом 5-10%. Такі добавки і присадки широко представлені на ринку відомими компаніями: BASF, Akzo Nobel, Innospec, Bang & Borsomeg тощо. Крім того, в етанолвмісні палива входять антикорозійні присадки, що підвищують їх рН до 8-9 [120].

Затрати на виробництво біоетанолу в різних регіонах різні залежно від типу і вартості сировини і технології переробки, а також витрат на оренду землі, оплату праці тощо. Етанол, що виробляється в Бразилії з цукрової тростини, має собівартість близько 0,3 \$/л. Собівартість біоетанолу з кукурудзи, що виробляється в США, становить близько 0,6 \$/л, а а європейського біоетанолу з пшениці – 0,70-0,75 \$/л. Собівартість біоетанолу з лігніноцелюлози становить трохи менше 1 \$/л, що майже в 2 рази перевищує ціну бензину при вартості нафти 60 \$/баррель. Однак передбачається, що затрати будуть знижуватися при широкомасштабному виробництві, досягнувши 0,45-0,5 \$/л [89].

Всього в світі в 2006 р. було вироблено 50 млрд. л паливного етанолу Світовими лідерами з виробництва біоетанолу є США і Бразилія. Їх частка в світовому обсязі виробництва склала 70%. Також нарощують виробництво біоетанолу в ЄС, Китаї, Індії, Німеччині, Іспанії, Франції та інших країнах. В табл. 9.1 наведені дані про випуск біоетанолу в п'яти найбільших країнах-виробниках, загальна доля яких становить 85% світового виробництва біоетанолу.

Таблиця 9.1

**Перші п'ять світових виробників біоетанолу в 2006 р. [19]**

Країна	Виробництво біоетанолу, млрд. л	Доля в світовому виробництві, %
1	2	3
Бразилія	17	34

Закінчення табл. 9.1

1	2	3
США	18	36
Китай	4	8
Індія	2	4
Євросоюз	1,6	3
Всього	42	85
Всього в світі	50	100

**Бразилія** належить до світових лідерів по виробництву біоетанолу. За об'ємами, і за тривалістю розробки даного напрямку вона займає провідні позиції, тому її досвід заслуговує на найретельніший аналіз. Виробництво біоетанолу в Бразилії основане на ферментації біомаси з цукрової тростини (головним чином) і цукрового буряка. Країна виробляє щорік близько 15-18 млрд. літрів, 3,5 млрд. л з яких експортується (з них 2 млрд. – в США).

Ці успіхи ґрунтуються на міцних державних гарантіях по 3 пунктам:

- 1) гарантовані закупівлі державною нафтовою компанією "Petrobras";
- 2) позики під низькі відсотки для виробників;
- 3) фіксовані ціни на бензин і етанол: вартість гідратованого етанолу (93% спирту і 7% води) складає 59% від встановленої державою ціни на бензин.

Крім того, з 1980 р. передбачені заходи за рахунок податкових пільг стимулювати закупівлю автомобілів, що працюють на чистому етанолі.

До основних імпортерів бразильського біоетанолу належать Японія, США і Швеція.

В **США** останнім часом були запуснені досить значні потужності з виробництва біоетанолу. В 2006 р. працювали 113 спиртових заводів. Основною сировиною є кукурудза.

У США зараз в більшості автомобілів використовується суміш з добавкою етанолу не більше 10%. Хоча до середини 2006 р. також налічувалось близько 6 млн. автомобілів типу "Flex", сумісних із заправкою суміші E85. Слід зазначити, що набуття чинності 5 травня 2006 р. заборони на використання в США метилтретбутилових присадок в автомобільному паливі підвищило потребу в біоетанолі.

У **Євросоюзі** проблема біопалива взагалі і біоетанолу, зокрема, лежить в руслі головної стратегії європейців, пов'язаної з тим, що основна увага приділяється біодизелю. Для цього є об'єктивні підстави – в Європі менше цукровмісної сировини, лісів тощо. Проте є певний сектор економіки, пов'язаний з виробництвом біоетанолу, не кажучи про те, що вже сформувався досить стійкий європейський ринок використання біоетанолу, включаючи відповідний автомобільний парк, заправні станції, мережу бізнес-структур, законодавче опрацювання тощо.

В даний час в Європі дозволена добавка до 5 % біоетанолу до стандартного бензину DIN EN 228, а також використання етил-трет-бутилового ефіру (який виробляється з використанням етанолу) як присадки до бензину (до 15%), що підвищує його октанове число [19].

Загальні відомості про виробництво біоетанолу в Європі представлені в табл. 9.2.

Таблиця 9.2

**Виробництво біоетанолу в Європі в 2006 р. [19]**

Країна	Виробництво біоетанолу, млн. л	Доля в світовому виробництві, %
Іспанія	402	25,7
Іспанія	402	25,7
Франція	250	16,0
Швеція	140	8,9
Італія	128	8,2
Польща	120	7,7
Угорщина	34	2,2
Литва	18	1,2
Нідерланди	15	1,0
Чехія	15	1,0
Латвія	12	0,8
Всього в Європі	1565	100

**Україна** має великий потенціал біомаси, придатної для енергетичного використання, зокрема відходи сільського господарства (солома, качани кукурудзи, лузга соняшнику) та тверді побутові відходи, що складаються переважно з лігноцелюлози. Сировиною для паливного етанолу може бути також меляса (її обсяги становлять близько 2 млн. т/рік), зернові культури, картопля, фрукти, спеціальні технічні культури. Україна є крупним виробником харчового етанолу – річна сумарна потужність спиртових заводів (всього їх в Україні налічується 89) становить близько 700 млн. л етанолу, в тому числі 340 млн. л – із заводів з переробки меляси. Однак значна кількість таких підприємств працює з неповним завантаженням або взагалі простоює (ступінь завантаження спиртових заводів в Україні станом на 2004 р. становив 38,6%).

В Україні вже виконано значний обсяг робіт з розробки й впровадження технології виробництва аналогу паливного біоетанолу – **високооктанової кисневмісної добавки (ВКД)** до бензину, яка являє собою **алкілат (алкілбензин)** – рідину з щільністю 698-715 кг/м<sup>3</sup>, суміш насичених вуглеводнів (переважно ізооктану і триметилпентанів) з температурою кипіння 40-180°C і октановим числом 90-92. На відміну від інших основ для виробництва високооктанових бензинів (етанолу, метил-трет-бутилового

ефіру, ізомеризату) не має шкідливих домішок. ВКД отримують за допомогою плазмохімічної конверсії спиртів у вуглеводні на спеціальному високоактивному гетерополексному каталізаторі, який являє собою тверду суперкислоту, модифіковану електронодонорами. Процес каталітичної конверсії спиртів у вуглеводні здійснюється в плазмохімічному реакторі, який є сталевим вертикальним апаратом колонного типу. У корпусі реактора розміщений стаціонарний шар каталізатора необхідної висоти. Етанол при кімнатній температурі подається в колону знизу, а зверху – потужний потік мікрохвильового випромінювання, в результаті чого генерується щільна плазма, каталізатор і етанол розігріваються до робочої температури 300°C, а в шарі каталізатора здійснюється каталітична дегідратація спирту з утворенням газоподібних алкілатів. Після цього вуглеводні виводяться з колони і подаються на подальшу стадію приготування високооктанового моторного палива марки А-95 і А-98 (до 5% ВКД), який за якісними показниками відповідає чистому нафтовому бензину, але значно перевершує останній за екологічною чистотою. Щорічний обсяг виробництва ВКД на 11 спиртових заводах України становить 100 тис. т. Слід зазначити, що нафтопереробні підприємства, які виробляють сумішевий високооктановий бензин, неохоче використовують з цією метою ВКД, адже вона високогіроскопічна, що при тривалому зберіганні сумішевих бензинів приводить до втрати ними споживчих властивостей (при вмісті в них менш ніж 1% води бензини з ВКД розшаровуються). ВКД за якісними показниками поступається традиційно використовуваній нафтопереробниками високооктановій добавці – метил-трет-бутиловому ефіру.

На Будильському експериментальному заводі Держкоменергозбереження України та підприємстві ЗАТ “Еко-Енергія” Сумської області налагоджене виробництво біосинтетичного компоненту рідких біопалив “Альтернативний Біосинтетичний Оксигенний Компонент 1” (АБОК-1) і “Оксигенат Моторного Палива Альтернативний” (ОМП-А) згідно ТУ У 24.6-02128514-002:2003. Компонент моторного палива альтернативний (КМПА), що виробляється на ДП „Гайсинський спиртовий завод” згідно ТУ У 24.6-30219014-009:2007, містить 4,3 % біоетанолу для підвищення октанового числа автомобільних бензинів з 92 до 95 [59].

З 2006 р. в Україні робляться спроби налагодження випуску моторного палива "БІО-100" згідно ТУ У 24.6-33616799-001:2006, яке являє собою суміш товарного бензину, газоліну, флегми біоетанолу та метил-трет-бутилового ефіру (в складі палива 51-53% – біоетанолу, близько 40 % – бензину і близько 5% – МТБЕ). Спочатку його випускало ТОВ “Біоенергетична компанія” на Лохвицькому спиртовому комбінаті і реалізовувала на 30 АЗС в Полтавській обл. поряд з нафтовим паливом. Особливою популярністю паливо БІО-100 не користувалося – водії скаржилися на погіршення роботи двигуна. Виробники звинуватили в поганій якості продукту власників АЗС, на яких продавалося це паливо. В 2008 р. правонаступницею даного товари-

ства ТОВ "Енергетичні стратегії і біотехнології" його виробництво було перенесено в Молдову, однак сировина (етанол) використовувалась українська, і сам БІО-100 реалізовувався в мережі із 29 АЗС, що належали ТОВ "Енергетичні стратегії і біотехнології", в Вінниці, Чернівецькій, Івано-Франківській і Хмельницькій областях. На початку 2009 р. його випуск було відновлено на Лохвицькому спиртовому комбінаті. Обсяги виробництва становили 3000 т/місяць. В даний час "БІО-100" виробляється також в Чернівцях [59].

Херсонське ПП "Багатопрофільна фірма "ІНТЕРКРАЙТ" виробляє сумішеве біопаливо Е-95 згідно ТУ У 24.6-34286393-001:2009 "Біопаливо для двигунів внутрішнього згорання Е-95. Технічні умови". Біопаливо Е-95-40 – аналог автомобільного палива, широко поширеного у всьому світі, що є сумішшю 30-40% зневодненого етанолу, 70-60% легких фракцій бензинів, ефірів, стабілізаторів, а також спеціальних антикорозійних присадок. ТОВ „Азовська нафтова компанія” розпочала випуск сумішевого бензину INNOVATIVE Е-95, в складі якого міститься до 30% біоетанолу і різних присадок [59].

### 9.2.3.2. Біометанол

**Метанол (метиловий спирт, деревний спирт)  $CH_3OH$**  – простий одноатомний спирт, безбарвна дуже отруйна рідина. З повітрям утворює вибухонебезпечні суміші (вибухонебезпечна межа – 6,7-36,5%). Температура спалаху – 11°C, температура самозаймання – 455°C, теплота згорання – 22 МДж/кг, густина – 791,8 кг/м<sup>3</sup>, в'язкість – 0,59 Пз при 20°C, температура кипіння – 64°C.

При застосуванні метанолу як палива слід зазначити, що теплота згорання метанолу на 40-50% менша, ніж бензину, проте при цьому теплопродуктивність метанолу порівняно з бензином відрізняється мало з тієї причини, що високе значення теплоти випаровування метанолу (як і етанолу) сприяє поліпшенню наповнення циліндрів двигуна і кращому його згоранню. В результаті цього потужність двигуна підвищується на 10-15%. Двигуни багатьох гоночних автомобілів працюють на чистому метанолі. Метанол має високі антидетонаційні властивості (октанове число становить 99). Змішуючи його з низькооктановим бензином, підвищують октанове число останнього.

Недоліки метанолу:

- надзвичайно отруйний. Разом з тим метанол за зовнішнім виглядом, смаком і запахом подібний до етанолу, їх легко сплутати;
- роз'їдає алюміній; проблемним є використання алюмінієвих карбюраторів і інжекторних систем подачі палива в ДВЗ;
- гідрофільність метанолу; він втягує воду, що є причиною засмічення систем подачі палива у вигляді желеподібних отруйних відкладень;

– зменшена летючість при холодній погоді; двигуни, що працюють на метанолі, можуть мати проблеми із запуском і вирізнятися підвищеною витратою палива до досягнення робочої температури.

До середини другого десятиліття минулого століття метанол вироблявся шляхом сухої перегонки (піролізу) деревини і лігніну. В даний час цей метод повністю витиснений каталітичним синтезом з суміші монооксиду вуглецю і водню (синтез-газу), сировиною для якого, головним чином, є природний газ (переважно метан). Синтез-газ може також отримуватись із біомаси, однак собівартість виробленого при цьому метанолу вища. Останнім часом проводяться дослідження отримання біометанолу за рахунок промислового культивування і біотехнологічної конверсії морського фітопланктону. Первинне виробництво біомаси фітопланктону відбувається за рахунок його культивування в штучних водоймищах, які створюються на морському узбережжі. В процесі бродіння біомаси фітопланктону утворюється метан, з якого в подальшому виробляється метанол. Виробництво біометанолу поки не має промислового масштабу, але цей напрям є одним з найбільш перспективних в альтернативній енергогалузі [53].

### 9.2.3.3. Біобутанол

**Бутанол (бутиловий спирт)  $C_4H_9OH$**  – безбарвна рідина з характерним запахом сивушного масла. Відомі нормальний первинний бутиловий спирт  $CH_3(CH_2)_3OH$ , нормальний вторинний бутиловий спирт  $CH_3CH_2CH(OH)CH_3$ , ізобутиловий спирт  $(CH_3)_2CHCH_2OH$ , триметилкарбінол  $(CH_3)_3COH$ . Отруйний. Теплота згорання 36 МДж/кг. Температура кипіння первинного бутанолу – 118°C, вторинного бутилового спирту – 99°C.

Бутанол може застосовуватись в якості палива для карбюраторних та інжекторних двигунів автомобілів як в чистому вигляді, так і в якості високооктанової добавки до бензину. Також бутанол може використовуватись в паливних елементах як сировина для виробництва водню.

#### **Переваги бутанолу як палива:**

1. Бутанол має більшу теплоту згорання порівняно з етанолом (36 МДж/кг), хоча і поступається в цьому перед бензином.
2. Він, на відміну від етанолу, не гігроскопічний.
3. Октанове число бутанолу (97) дещо менше від етанолу, однак він також може застосовуватись для поліпшення якості низькооктанових бензинів.
4. Аналогічно до етанолу бутанол вважається екологічно чистим паливом.

#### **Недоліки бутанолу:**

1. При використанні бутанолу як палива, його витрата на 10% більша, порівняно з використанням бензину.
2. В'язкість бутанолу більша за в'язкість бензину, що може викликати негативні ефекти в паливній системі [94].



Крім використання в якості палива бутанол застосовують як розчинник в лакофарбовій промисловості, при виробництві смол і пластифікаторів, в синтезі багатьох органічних сполук.

Бутанол може вироблятися як із нафтопродуктів, так і з біомаси. В останньому випадку його називають **біобутанолом**.

Промислове виробництво **біобутанолу I покоління** розпочалося в 1916 році. На той час використовувався метод ацетон-бутанол-етанольної ферментації (АБЕ-ферментація) з цукро- та крохмалевмістної сировини із застосуванням бактерії *Clostridia acetobutylicum*. Причому бутанол спочатку був побічним продуктом виробництва ацетону (на кожен літр ацетону під час ферментації виходили додатково два літри бутанолу). Пізніше бутанол став основним продуктом, який застосовувався в лакофарбовій промисловості та при виробництві синтетичного каучуку, а ацетон – побічним. В якості палива біобутанол I покоління не застосовувався, оскільки його виробництво було економічно не вигідним. З 1 т зерна в результаті АБЕ бродіння виходило лише 171 л бутанолу, 86 л ацетону, 43 л етанолу і 9 кг водню та інші побічні продукти – ізопропанол, оцтова, молочна, пропіонова і масляна кислоти, діоксид вуглецю і ліпіди, від яких необхідно було його очищати. У результаті цього собівартість виробництва біобутанолу I покоління перевищувала вартість природного газу в три рази. Тому після падіння цін на нафту в середині 50-х років ХХ ст. виробництво біобутанолу I покоління почало скорочуватись. Натомість зростало виробництво **бутанолу з нафти**. Однак з ростом цін на мінеральні вуглеводні активізувались роботи із вдосконалення технологій виробництва біобутанолу I покоління та впровадження у виробництво біобутанолу II покоління. В США шляхом генної інженерії була виведена бактерія *Clostridium beijerinckii*, застосування якої дозволяє вдвічі збільшити вихід біобутанолу та біоводню порівняно з АБЕ-ферментацією. Крім того, вихід забруднюючих побічних продуктів значно скорочується. В даний час ведуться роботи по покращенню мікробіологічного процесу ферментації бутанолу, адже значні проблеми пов'язані з однією парадоксальною особливістю: хоча бутанолютворюча бактерія створює ферменти, які конвертують прості цукри в алкоголь, сам бутанол токсичний для цих мікробів. Результатом такого бутанолового інгібування є низька концентрація спирту у ферментуючому середовищі, що призводить до зниження виходу бутанолу і збільшенні витрат виробництва. Оскільки останнім часом виникла продовольча криза в світі почалось впровадження виробництва **біобутанолу II покоління**, сировиною для виробництва якого є целюлозовмісні відходи сільського господарства та лісопереробної промисловості. Технологія виробництва біобутанолу II покоління розроблена компанією DuPont Biofuels. Компанії Associated British Foods (ABF), BP і DuPont Biofuels будують у Великобританії завод по виробництву біобутанолу потужністю 20 тис. л/рік [113].

Сьогодні бутанол використовується перш за все як промисловий розчинник та сировина для хімічної промисловості. Світовий ринок бутанолу (за різними технологіями) в 2007 р. оцінювався в 2,5 млн. тонн, з них 46% припало на країни Азії, 24% – на Америку, 20% – на Європу. Причому виробничих потужностей країн Азії не вистачає для задоволення внутрішньої потреби в бутанолі, тому значні об'єми (Китай – 250 тис. тонн в рік, інші країни Азії – до 450 тис. тонн в рік) імпортуються. Прогнозований об'єм споживання бутанолу на 2012 р. – 4,0 млн. тонн [53].

#### 9.2.3.4. Ефіри спиртів

В якості палив застосовуються **метил-трет-бутиловий (МТБЕ)** та **етил-трет-бутиловий (ЕТБЕ)** ефіри.

Ефіри не гігроскопічні, що усуває пов'язані з цим проблеми для спиртів. Оскільки октанове число ЕТБЕ та МТБЕ становить 105, їх використовують як добавку до низькооктанових бензинів (до 15%) для поліпшення їх якості. Як чисте паливо ЕТБЕ та МТБЕ не застосовують, оскільки їх точка плавлення становить 25,5°C, тобто при низьких температурах вони перетворюються в гель [94].

**Метил-трет-бутиловий ефір  $C_5H_{12}O$**  – безбарвна рідина. Отруйний. Практично не розчинний у воді. Густина – 740,4 кг/м<sup>3</sup>. Температура кипіння – 55,2°C, показник заломлення світла – 1,369, температура спалаху – (-28)°C, температура самозаймання – 374°C.

Утворюється шляхом хімічного з'єднання метанолу (47% по об'єму) з ізобутиленом (53%), який виробляється із вуглеводнів, шляхом їх нагрівання у присутності кислих каталізаторів (наприклад, іонообмінних смол).

МТБЕ на сьогоднішній день є важливим компонентом, який застосовується для підвищення детонаційної стійкості бензинів.

Разом із тим, оскільки лєвова частка метанолу в світі виробляється із мінеральної сировини, МТБЕ на сьогоднішній день важко віднести до біопалив.

По дії на організм людини МТБЕ відноситься до малонебезпечних речовин. Однак при згоранні він утворює продукти, які забруднюють навколишнє середовище. З 2003 р. використання МТБЕ було заборонене в штаті Каліфорнія, а з 2007 р. – і на території інших штатів США.

**Етил-трет-бутиловий ефір  $C_6H_{14}O$**  – безбарвна, прозора, рухома, легкозаймиста рідина з ефірним запахом. Практично не розчинний у воді. Густина – 736,4 кг/м<sup>3</sup>, показник заломлення світла – 1,3756, температура спалаху – (-19)°C.

Аналогічно до МТБЕ, ЕТБЕ використовується як домішка до бензинів для підвищення їх антидетонаційних властивостей. Утворюється в результаті реакції етанолу і ізобутилену при температурі нижче 100° С і тиску 1-2 МПа в умовах кислотного каталізу. Витрата етанолу і ізобутилену приблизно рівна. Однак ізобутилен є продуктом нафтохімічного виробництва.

ва і в чистому вигляді його вартість висока. Для виробництва ЕТБЕ зазвичай використовують бутан-бутиленову фракцію із вмістом ізобутилену близько 10%. Саме тому виробництво ЕТБЕ до сих пір широко не розвинене.

Як добавка до бензину ЕТБЕ більш екологічно безпечна порівняно з МТБЕ. Тому відбувається поступова відмова від використання МТБЕ і перехід на додавання до бензинів ЕТБЕ [53].

Вміст бутилових ефірів (МТБЕ і ЕТБЕ) в товарних бензинах за ДСТУ 4839:2007 становить 15% [82].

### **Запитання для самоконтролю**

1. Які Ви знаєте основні біопалива, що можуть застосовуватись в дизельних двигунах? 2. Що таке диметилловий ефір? 3. Чому рослинні олії на сучасному етапі не застосовуються як палива для дизельних двигунів? 4. Що таке біодизель? Яким чином його отримують? 5. Які недоліки біодизелю? 6. Які переваги біодизелю? 7. Які Ви знаєте олієвмісні рослини? Коротко охарактеризуйте їх. 8. Які Ви знаєте технології виробництва біодизелю? 9. Як отримати якісний біодизель? 10. В чому полягає традиційна технологія отримання біодизелю? 11. В чому полягає отримання біодизелю за технологією з надкритичним станом метанолу? 12. Розкажіть про принцип роботи реактора з механічним перемішуванням. 13. Що таке кавітація? 14. Розкажіть про принцип роботи гідродинамічних кавітаційних реакторів. 15. Розкажіть про принцип акустичної кавітації. 16. Розкажіть про принцип магнітно-імпульсної високочастотної кавітації. 17. Розкажіть про принцип роботи лінії для отримання метилового ефіру на основі реакторів з механічними мішалками. 18. Зробіть прогноз виробництва біодизелю в світі на найближчу перспективу. 19. Що таке біонафта? Як її отримують і де використовують? 20. Дайте характеристику біоетанолу як палива. Назвіть його переваги і недоліки. 21. Яким чином виробляється біоетанол з крохмалевмісної сировини? 22. Яким чином виробляється біоетанол з цукровмісної сировини? 23. Яким чином виробляється біоетанол з целюлозовмісної сировини? 24. Охарактеризуйте проблеми, що виникають при виробництві біоетанолу з целюлозовмісної сировини. 25. Охарактеризуйте сучасний стан виробництва і застосування біоетанолу в світі і в Україні. 27. Що таке ВКД? Яким чином її отримують? 28. Дайте характеристику біометанолу як палива. Назвіть його переваги і недоліки. 29. Дайте характеристику біобутанолу як палива. Назвіть його переваги і недоліки. 30. Які існують способи отримання біобутанолу? 31. Які ефіри спиртів використовуються як паливо. Дайте їм характеристику.

## Додатки

### Додаток А

#### Державні стандарти України на біопалива

На початок 2011 р. в Україні введені в дію два ДСТУ на визначення якісних показників твердого біопалива та 11 ДСТУ на біодизель.

До стандартів на визначення якісних показників твердого біопалива відносяться:

– ДТСУ-П CEN-TS 15210-1:2009 Біопаливо тверде. Методи визначення механічної міцності паливних гранул та брикетів. Частина 1. Гранули (Європейський аналог – CEN/TS 15210-1:2005 Solid biofuels – Methods for the determination of mechanical durability of pellets and briquettes – Part 1: Pellets);

– ДТСУ-П CEN-TS 15210-2:2009 Біопаливо тверде. Методи визначення механічної міцності паливних гранул та брикетів. Частина 1. Брикети (Європейський аналог – CEN/TS 15210-2:2005 Solid biofuels – Methods for the determination of mechanical durability of pellets and briquettes – Part 2: Briquettes).

Державні стандарти України на технічні вимоги до біодизелю та методи визначення його якості, а також їх європейські аналоги, представленя в табл. А.1.

Таблиця А.1

#### Державні стандарти України на технічні вимоги до біодизелю та методи оцінки показників його якості, гармонізовані з нормами ЄС [79]

ДСТУ	Європейська норма
1	2
ДТСУ 6081:2009 Паливо моторне. Ефіри метилові жирних кислот олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні вимоги	EN 14214:2003 Automotive fuels – Fatty acid methyl esters (FAME) for diesel engines – Requirements and test methods
ДСТУ EN 14103:2009 Похідні жирів та олій. Метилові ефіри жирних кислот (МЕЖК). Метод визначення вмісту ефіру та метилового ефіру ліноленової кислоти	EN 14103:2003 Fat and oil derivatives – Fatty Acid Methyl Esters (FAME) – Determination of ester and linolenic acid methyl ester contents
ДСТУ EN 14104:2009 Похідні жирів та олій. Метилові ефіри жирних кислот (МЕЖК). Метод визначення кислотного числа	EN 14104:2003 Fat and oil derivatives – Fatty Acid Methyl Esters (FAME) – Determination of acid value
ДСТУ EN 14105:2009 Похідні жирів та олій. Метилові ефіри жирних кислот (МЕЖК). Метод визначення вмісту вільного та загального гліцерину та моно-, ди- та тригліцеридів (контрольний метод)	EN 14105:2003 Fat and oil derivatives – Fatty Acid Methyl Esters (FAME) – Determination of free and total glycerol and mono-, di- and triglyceride content – (Reference method)

## Закінчення табл. А.1

1	2
ДСТУ EN 14106:2009 Похідні жирів та олій. Метиллові ефіри жирних кислот (МЕЖК). Метод визначення вмісту вільного гліцерину	EN 14106:2003 Fat and oil derivatives – Fatty Acid Methyl Esters (FAME) – Determination of free glycerol content
ДСТУ EN 14107:2009 Похідні жирів та олій. Метиллові ефіри жирних кислот (МЕЖК). Метод визначення вмісту фосфору емісійною спектрометрією з індуктивно наведеною плазмою	EN 14107:2003 Fat and oil derivatives – Fatty Acid Methyl Esters (FAME) – Determination of phosphorus content by inductively coupled plasma (ICP) emission spectrometry
ДСТУ EN 14108:2009 Похідні жирів та олій. Метиллові ефіри жирних кислот (МЕЖК). Метод визначення вмісту натрію атомною абсорбційною спектрометрією	EN 14108:2003 Fat and oil derivatives – Fatty Acid Methyl Esters (FAME) – Determination of sodium content by atomic absorption spectrometry
ДСТУ EN 14109:2009 Похідні жирів та олій. Метиллові ефіри жирних кислот (МЕЖК). Метод визначення вмісту калію атомною абсорбційною спектрометрією	EN 14109:2003 Fat and oil derivatives – Fatty Acid Methyl Esters (FAME) – Determination of potassium content by atomic absorption spectrometry
ДСТУ EN 14110:2009 Похідні жирів та олій. Метиллові ефіри жирних кислот (МЕЖК). Метод визначення вмісту метанолу	EN 14110:2003 Fat and oil derivatives – Fatty Acid Methyl Esters (FAME) – Determination of methanol content
ДСТУ EN 14111:2009 Похідні жирів та олій. Метиллові ефіри жирних кислот (МЕЖК). Метод визначення йодного числа	EN 14111:2003 Fat and oil derivatives – Fatty Acid Methyl Esters (FAME) – Determination of iodine value
ДСТУ EN 14112:2009 Похідні жирів та олій. Метиллові ефіри жирних кислот (МЕЖК). Метод визначення стабільності окислення (прискорений метод)	EN 14112:2003 Fat and oil derivatives – Fatty Acid Methyl Esters (FAME) – Determination of oxidation stability (accelerated oxidation test)

Для підвищення октанового числа товарних бензинів Державна акціонерна компанія "Нафтогаз України" згідно державного класифікатора продукції та послуг ДК 016-97:24.66.3 проводить закупки антиоксидантної добавки – метил-трет-бутилового ефіру згідно ТУ 38.103704-90 "Ефір метил-трет-бутиловий (МТБЕ). Технічні умови".

На українських спиртзаводах виробляється вітчизняна антиоксидантна добавка до товарних бензинів – ВКД, згідно до технічних умов ТУ У 30183376.001-2000 "Високооктанова кисневмісна добавка до бензинів".

Відповідно до технічних умов ТУ У 24.6-33616799-001:2006 Паливо моторне "БЮ-100" на лохвицькому спирткомбінаті випускається сумішеве етанолвмісне паливо "БЮ-100", розроблене компанією "Енергетичні стратегії і біотехнологія" в 2006 році. Дані технічні умови чітко нормують лише вміст основного компонента БЮ-100 – біоетанолу. У паливі БЮ-100/98 його повинно бути не менше 53% (в об'ємних долях), а в паливі БЮ-100/96 – 51% і

вище. Співвідношення інших складових – легких бензинових фракцій і метил-трет-бутилового ефіру - розробники прийняли згідно власній запатентованій рецептурі: близько 40% бензину і приблизно 5% МТБЕ.

На бензини моторні сумішеві (марки А-92ЕК; А-95ЕК; А-98ЕК з вмістом 2-5% об. біоетанолу або 5-15% об. ЕТБЕ) та добавки на основі біоетанолу розроблена наступна нормативна документація:

– ГСТУ 320.00149943.015-2000 "Бензини моторні сумішеві. Технічні умови";

– ТУ У 30183376.001-2000 "Високооктанова кисневмісна добавка до бензинів. Технічні умови";

– ТУ У 15.9-30219014-010:2007 "Біоетанол. Технічні умови";

– ТУ У 24.6-02128514-002-2003 "Оксигенат моторного палива альтернативний ОМП-А. Технічні умови";

– ТУ У 23.2-14295447-093-2002 "Добавка стабілізуюча антидетонаційна (САД). Технічні умови";

– ТУ У 24.1-32292929-002:2006 "Ефір етил-трет-бутиловий (ЕТБЕ). Технічні умови";

– ТУ У 24.6-30219014-009:2007 "Компонент моторного палива альтернативний (КМПА). Технічні умови";

– ТУ У 24.6-00333380-006-2005 "Рідина універсальна для автомобілів "ГАМАЮН".

На палива моторні на основі біоетанолу розроблена наступна нормативна документація:

– ТУ У 24.6-33616799-001:2006 "Паливо моторне "БІО-100". Технічні умови";

– ТУ У 24.6-34827260-001:2007 "Біопаливо автомобільне А-95 БІО. Технічні умови";

– ТУ У 24.6-329829-001:2007 "Біопаливо автомобільне А-98 БІО. Технічні умови";

– ТУ У 24.6-32589031-002:2006 "Паливо автомобільне екологічно чисте Е-93. Технічні умови".

На біогаз в Україні діють наступні стандарти:

– ДСТУ 4516:2006. Енергоощадність. Поновлювачі джерела енергії. Установки біогазові. Загальні технічні вимоги;

– СОУ 40.21-37-560:2007 Біогази для промислового і побутового використання. Вимоги та методи вимірювання.

## Додаток Б

### Ферментні препарати, що застосовуються в спиртовій промисловості

**Таблиця Б.1.**

Мікробні ферментні препарати для спиртової промисловості [102, 107]

Препарат	Вид ферменту	Продуцент	Спосіб культивування
1	2	3	4
Амілорізін Пх (суха культура), 90% сухих речовин	Амілолітичні	<i>Aspergillus Orizae</i> 476	Поверхневий
Амілосубтілін	Амілолітичні	<i>Bacillus subtilis</i>	Глибинний
Аміллохотерм	Амілолітичні	<i>Bacillus Licheniformis</i>	Глибинний
Глюкаваморін Пх (суха культура), 90% сухих речовин	Комплексні	<i>Aspergillus Awamori</i> 673	Поверхневий
Глюкобататин Гх (рідка культура), 3-4% сухих речовин	Комплексні	<i>Aspergillus Batatae</i> 61	Глибинний
Амілодіастатин Гх (рідка культура), 1-2% сухих речовин	Амілолітичні	<i>Bacillus diastaticus</i>	Глибинний
Аміломезентерін Гх (рідка культура), 2-3% сухих речовин	Амілолітичні	<i>Bacillus mesentericus</i>	Глибинний
Глюкаваторін Гх 466 (рідка культура), 18% сухих речовин	Комплексні	<i>Aspergillus Awamori</i> 466	Глибинний
Глюкаваторін ГЗх (порошок)	Комплексні	<i>Aspergillus Awamori</i>	Поверхневий
ГлюкоЛюкс А (суспензія)	Комплексні	<i>Aspergillus Awamori</i>	Глибинний
Глюкоендомокосин Гх (рідка культура), 3-4% сухих речовин	Комплексні	<i>Endomyces bispora</i>	Глибинний
БАН компанії "Ново Нордиск", (Данія)	Амілолітичні	<i>Bacillus subtilis</i>	Глибинний
Термаміл компанії "Ново Нордиск", (Данія)	Амілолітичні	<i>Bacillus Licheniformis</i>	Глибинний
Фунмагіл компанії "Ново Нордиск", (Данія)	Амілолітичні	<i>Aspergillus Orizae</i>	Глибинний

Закінчення табл. Б.1

1	2	3	4
Сан-Супер компанії "Ново Нордиск", (Данія)	Амілолітичні	<i>Aspergillus awamori</i> , <i>Aspergillus niger</i>	Глибинний
Зімаджунт компанії "Енде Індустріал Корпорейшн"	Амілолітичні	<i>Bacillus Licheniformis</i>	Глибинний
Протосубтілін	Декстринолітичні	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus licheniformis</i>	Глибинний
Протоліхетерм	Декстринолітичні	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus licheniformis</i>	Глибинний
Нейтраза компанії "Ново Нордиск", (Данія)	Декстринолітичні	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus licheniformis</i>	Глибинний

П – поверхневе культивування;

Г – глибинне культивування;

х – умовна кількість ферменту в стандартній глибинній або поверхневій культурах;

Пх і Гх – стандартна початкова культура продуцента без будь-якого очищення;

П2х і Г2х – рідкий концентрат розчинних речовин початкової культури, звільнений від нерозчинної фази, із вмістом сухих речовин 40- 50%;

П3х і Г3х – сухі ферментні препарати, отримані шляхом висушування екстракту з поверхневої культури або фільтрату культуральної рідини при глибинному культивуванні;

П10х і Г10х – сухі препарати, отримані осадженням ферментів з водних розчинів органічними розчинниками або висолюванням;

П15х і Г15х – препарати ферментів, очищених різними методами;

П25х і Г25х – високоочищені, але не кристалічні ферментні препарати, що містять до 20-25% баластних речовин.

Останнім часом були створені нові комплексні ферментні препарати, які володіють широким ферментативним спектром дії на різні біополімери зернової сировини і можуть застосовуватися як в спиртовій, крохмалопаточній, так і пивоварній галузях промисловості.

Комплексний ферментний препарат ВіскоМакс є збалансованим джерелом ксиланазної,  $\beta$ -глюканазної,  $\alpha$ -амілазної активності і призначений для гідролізу некрохмалистих полісахаридів крахмалевмісної сировини. Основою ферментного препарату є ксиланаза – фермент, який ефекти-



вно каталізує процеси деструкції ксиланів зернової сировини, значно покращуючи властивості реологій середовища. До складу комплексного препарату входять також  $\beta$ -глюканаза, яка здатна гідролізувати  $\beta$ -глюкани і інші низькомолекулярні речовини, підвищувати текучість замісів, а також  $\alpha$ -амілаза, яка гідролізує  $\alpha$ -1,4-глікозидні зв'язки крохмалю (амілози і амیلлопектину) і продуктів їх послідовного розщеплювання, що призводить до швидкого зниження в'язкості розчинів крохмалевмісної сировини. ВіскоМак застосовується для зниження в'язкості технологічних середовищ на всіх етапах виробничого процесу. Значно полегшує роботу технологічного устаткування при переробці зерна з високим вмістом некрохмалистих полісахаридів (жито, ячмінь), дозволяє переробляти сусло з підвищеною концентрацією сухих речовин [77].

Аналогами даного препарату є датський препарат Віскоферм та фінський "Ламінекс БГ2".

Комплексний ферментний препарат АмілоМакс Т є збалансованим джерелом  $\alpha$ -амілазної і  $\beta$ -амілазної активностей і призначений для зниження в'язкості і розрідження клейстеризованного крохмалю, забезпечуючи підготовку суслу до дії глюकोамілази.

АмілоМакс Т містить в своєму складі термостабільну бактерійну  $\alpha$ -амілазу, яка швидко гідролізує  $\alpha$ -1,4-глікозидні зв'язки крохмалю і продуктів їх послідовного розщеплювання з утворенням декстрину і олігосахаридів. Комплексний ферментний препарат збалансований ферментом  $\beta$ -глюканазою, яка здатна гідролізувати  $\beta$ -глюкани, покращувати властивості технологічних середовищ, підвищувати розщеплюваність крохмалю амілолітичними ферментами. Використання комплексного ферментного препарату АмілоМакс Т дозволяє змінити режими підготовки сировини до зброджування, замінивши розварювання під тиском механіко-ферментативною обробкою при температурі, що не перевищує  $+100^{\circ}\text{C}$ . Таким чином, з'являється можливість переходу на нові енергозберігаючі технологічні режими, дозволяючи значно економити енергетичні ресурси і створити умови безпечної експлуатації устаткування [77].

Аналогом АмілоМакс Т є Термамил СЦ, котрий може діяти при нижчому рівні рН, також він незалежний від вмісту іонів кальцію в розчині, що дає ряд технологічних переваг і веде до зменшення поточних витрат [87], а також бельгійський препарат Амелекс 3Т.

Комплексний ферментний препарат ГлюкоМакс є збалансованим джерелом глюкоамілазної і  $\alpha$ -амілазної активності, застосовується для зцукрення крохмалевмісної сировини, а завдяки наявності в своєму складі  $\alpha$ -амілази сприяє зниженню в'язкості і частковому розрідженню клейстеризованного крохмалю. Для ферменту ГлюкоМакс характерні відносна низька температура і рівень рН середовища, тому препарат покращує гідроліз нативного крохмалю на стадії бродіння, коли інші препарати повністю втрачають активність. Основним компонентом ензима ГлюкоМакс є глюкоамі-

лаза – екзофермент кінцевої дії, що гідролізує  $\alpha$ -1,4- і  $\alpha$ -1,6-глікозидні зв'язки крохмалю, декстрину, олігосахаридів, відщеплюючи при цьому залишки молекули глюкози від нередукуючих кінців ланцюгів з утворенням глюкози. Збалансований комплекс включає  $\alpha$ -амілазу, що гідролізує  $\alpha$ -1,4-глікозидні зв'язки крохмалю і продуктів їх послідовного розщеплення. Завдяки  $\alpha$ -амілазній активності руйнуються високомолекулярні полісахариди, які залишаються в процесі розрідження, з утворенням вуглеводів, що легко засвоюються дріжджами на стадії зброджування зернового суслу [77].

Аналогами даного препарату є ГлюкоЛюкс-Комплекс, Глюкоксилян, Диазим Х4 тощо.

Комплексний ферментний препарат ПротоМакс призначений для використання на стадіях дріжжегенерації і зброджування. Ензим є збалансованим джерелом протеолітичної активності, до складу якого входить кисла ендо-пептидаза, що сприяє гідролізу протеїнів зернової сировини і збагачення суслу вільними амінокислотами. Ферментний препарат доповнений незамінною амінокислотою, сприяє підвищенню бродильної активності і продуктивності клітин, а також інтенсифікації процесу спиртового бродіння. Амінокислоти є одночасно джерелом і азоту і вуглецю, причому останній засвоюється з кетокислот, що утворюються в результаті відщеплення аміногруп. Можлива і безпосередня асиміляція амінокислот з живильного середовища, що містить їх повний набір і зброджуваний цукор. Внаслідок цього знижується витрата цукру середовища на живлення дріжджів і дещо збільшується вихід спирту при бродінні. Завдяки утворенню вільних амінокислот і їх асиміляції, забезпечується синтез білка, у тому числі і ферментів, активуються деякі вже наявні в клітині ферменти, прискорюється процес брунькування дріжджових клітин, збільшується їх бродильна активність, створюються умови для скорочення тривалості зброджування суслу, збільшується вихід спирту [77].

Аналогами даного препарату є американські препарати Альфалаза FP2 і Альфалаза AFP.

В спиртовій промисловості також застосовуються [87]:

– БАН-480Л – ендоамілаза, яка гідролізує  $\alpha$ -1,4-глюкозидні зв'язки в амیلосі і амілопектині, що призводить до швидкого падіння в'язкості і розрідження крохмалю. Продуктами розпаду є декстрин з різною довжиною ланцюга і олігосахариди. Застосовується при температурах 55-900°C і рН 5,0-7,0.

– Фунгаміл 800Л – грибна  $\alpha$ -амілаза. Фермент гідролізує  $\alpha$ -1,4-глюкозидні зв'язки в амیلосі і амілопектині з утворенням великих кількостей мальтодекстринів. Застосовується при температурах 50-600°C і рН 4,0-6,0.

– Сан Супер 360 Л – покращений комплексний ферментний препарат, що містить, головним чином, амілоглюкозидазу,  $\alpha$ -амілазу, протеазу і глюканазу, що забезпечують максимальний гідролітичний ефект і най-

більш гнучке ведення процесів дріжжегенерації та бродіння зернового сусла за рахунок стійкого синергетичного ефекту. Протеолітична активність гідролізує білки в продукти, що легко асимілюються дріжджами. Сан Супер 360 Л проявляє достатню активність при температурах 30-650°C і рівні рН 4,0-6,0.

– Сан Екстра Л – комплексний ферментний препарат. Основний компонент Сан Екстра Л – амілоглюкозидаза – гідролізує, як  $\alpha$ -1,4-зв'язки, так і  $\alpha$ -1,6-зв'язки в клейстеризованому крохмалі, також він містить кислототривку  $\alpha$ -амілазу. Препарат проявляє активність в температурному діапазоні 30-700°C і рівні рН 3,0-6,0.

– Дуозайм – перший збалансований ферментативний комплекс, спеціально розроблений і складений для використання на стадії зцукрення або на стадії одночасного зцукрення і бродіння (SSF). Основною перевагою препарату Дуозайм є простота застосування – всього один ферментний препарат для двох процесів: розрідження і зцукрення. До складу препарату Дуозайм входять декілька амілаз і амілоглюкозидаза. Умови застосування в процесі оцукрення: рН 5,0-5,5, температура 60-650°C, в процесі одночасного зцукрення і бродіння (SSF) – доповнення до  $\alpha$ -амілази: рН 4,0-5,5, температура 30-350°C.

– Сахзайм – покращений ферментний препарат, що містить, головним чином, амілоглюкозидазу. Сахзайм може використовуватися на стадії зцукрення або одночасного зцукрення і зброджування (SSF). Застосовується при температурах 30-700°C і рН 3,0-5,0.

– Новозім NS 25008 – комплекс грибної протеази і екзо-пептидази. Проявляє ендопротеазну та екзопептидазну активності. NS 25008 використовується для отримання розчинного амінного азоту, шляхом гідролізу білка і глюкопротеїнів. Крім того, NS 25008 здатний розщеплювати протеїн-зв'язаний крохмаль, тим самим підвищуючи вихід спирту. NS 25008 може використовуватися, як до стадії розрідження, так і на стадіях зцукрення або дріжжегенерації. Протеаза проявляє активність при температурах 30-750°C і рН 2,0-4,0. Пептидаза проявляє активність при температурах 30-650°C і рН 4,0-9,0.

## Література

1. Алиев Г. М-А. Устройство и обслуживание газоочистных и пылеулавливающих установок: учебн. для СПТУ / Г. М-А. Алиев.– М.: Металлургия, 1980. – 368 с.
2. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії: Підр. для вищ. навч. закладів / [Адаменко О., Височанський В., Лютко В., Михайлів М.]. – Івано-Франківськ: Полум'я, 2000. – 210 с.
3. Баадер В. Биогаз: теория и практика / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер. – М.: Колос, 1982. – 148 с.
4. Бакулин Евгений. Газовые кладовые Украины / Евгений Бакулин, Юрий Борисов, Ярослав Яремийчук, Игорь Шваченко // Еженедельник 2000. – 2010, 11-17 июня. – №23 (513).
5. Безруких П.П. Что может дать энергия ветра. Ответы на 33 вопроса / П.П. Безруких, П.П. Безруких (мл.) – М. 2002. – 38 с.
6. Бекер М.Е. Биотехнология / М.Е. Бекер, Г.К. Лиепиньш, Е.П. Райпулис. – М.: Агропромиздат, 1990. – 334 с.
7. Белецкий В.С. Перспективы освоения соленых углей Украины / В.С. Белецкий, С.Д. Пожидаев, А. Кхелуфи, П.В. Сергеев. – Донецк: ДонГТУ, УКЦентр, 1998. – 96 с.
8. Белик А.К. Опыт внедрения системы сбора биогаза на Луганском полигоне твердых бытовых отходов / А.К. Белик, Ю.Б. Матвеев, И.В. Рушковский // Проблемы сбора, переработки и утилизации отходов: Сб. научных статей к V Международной научно-практической конференции. – Одесса.: ЦНТ ЭПИ ОНЮА, 2004. – С. 317-321.
9. Березовская Ю. Черная лихорадка / Юлия Березовская // Контракты. – 2005. – № 27. – С. 7-8.
10. Берман Э. Геотермальная энергия / Э. Берман; пер. с англ. Б.Ф. Маврицкого. – М.: Мир, 1978. – 416 с.
11. Біоенергія в Україні – розвиток сільських територій та можливості для окремих громад: Науково-методичні рекомендації щодо впровадження передового досвіду аграрних підприємств Польщі, Литви та України зі створення новітніх об'єктів біоенергетики, ефективного виробництва і використання біопалив: [Наук.-метод. реком. / [В.О. Дубровін, М.Д. Мельничук, Ю.Ф. Мельник, В.Г. Мироненко та ін.]. – К.: Національний університет біоресурсів і природокористування України; Інститут будівництва, механізації та електрифікації сільського господарства, Польща, Інститут аграрної інженерії, Литва. 2009. – 122 с.
12. Біопалива (технології, машини і обладнання) / [ В.О. Дубровін, М.О. Корчемний, І.П. Масло, О. Шептицький, А. Рожковський, З. Пасторек, А. Гжибек, П. Євич, Т. Амон, В.В. Криворучко]. – К.: ЦТІ “Енергетика і електрифікація”, 2004. – 256 с.
13. Биомасса как источник энергии: Пер. с англ. / Под ред. С. Соуфе-

ра, О. Заборски. – М.: Мир, 1985. – 368 с.

14. Биоэнергетика: мировой опыт и прогнозы развития / [Л.С. Орстик, Н.Т. Сорокин, В.Ф. Федоренко и др.]. – М.: ФГИУ "Росинформ агротех", 2008. – 404 с.

15. Богданов П.В. Основные факторы влияющие на интенсивность анаэробного сбраживания навоза / П.В. Богданов, В.М. Шрамков, С.Д. Дурдыбаев // Исследование, проектирование и строительство систем сооружений метанового сбраживания навоза. – М., 1982. – С. 29-31.

16. Бойко В.И. Ядерные технологии в различных сферах человеческой деятельности: уч. пособие / В.И. Бойко, Ф.П. Кошелев. – Томск: Издательство ТПУ, 2006. – 342 с.

17. Большие возможности малых ГЭС / Наука и жизнь. – 1986. – № 8. – С. 27-32.

18. В США построят самую большую в мире ветроэлектростанцию мощностью 3000 мегаватт // Новая энергия. – 2010. – №3 – С. 2.

19. Васильев Р.Г. Перспективы развития биотоплива в России. Сообщение 2. Биоэтанол / Р.Г. Васильев / Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова. – 2007. – Т.3. – №2 – С. 50-60.

20. Васильев Ю.С. Основное энергетическое оборудование гидроэлектростанций. Состав и выбор основных параметров: Учебн. пособие / Ю.С. Васильев, И.С. Саморуков, С.Н. Хлебников – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2002. – 134 с.

21. Веревкин С.И. Газгольдеры / С.И. Веревкин, В.А. Корчагин. – М.: Издательство литературы по строительству, 1966. – 240 с.

22. Вершинский Н.В. Энергия океана / Н.В. Вершинский. – М.: Наука, 1986. – 152 с. – (Серия "Наука и технический прогресс").

23. Ветроэнергетика / Под. ред. Д. де Рензо: Пер. с англ. Я.И. Шефтера – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 272 с.

24. Гелетуха Г.Г. Обзор современных технологий газификации биомассы / Г.Г. Гелетуха, Т.А. Железная // Промышленная теплотехника. – 2006. – Т. 28. – № 2. – С. 61-74.

25. Гелетуха Г.Г. Обзор современных технологий получения жидкого топлива из биомассы быстрым пиролизом. Часть 1 / Г.Г. Гелетуха, Т.А. Железная // Экологические технологии и ресурсосбережение. – 2000. – № 2. – С. 3-10.

26. Гелетуха Г.Г. Обзор современных технологий сжигания древесины с целью выработки тепла и электроэнергии. Часть 1. / Г.Г. Гелетуха, Т.А. Железная // Экологические технологии и ресурсосбережение. – 1999. – № 5. – С. 3-12.

27. Гелетуха Г.Г. Обзор технологий газификации биомассы / Г.Г. Гелетуха, Т.А. Железная // Экологические технологии и ресурсосбережение. – 1998. – № 2. – С. 21-30.

28. Гелетуха Г.Г. Обзор технологий генерирования электроэнергии, полученной из биомассы при ее газификации / Г.Г. Гелетуха, Т.А. Железная // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1998. – № 3. – С. 3-11.
29. Гелетуха Г.Г. Обзор технологий добычи и использования биогаза на свалках и полигонах твердых бытовых отходов и перспективы их развития в Украине / Г.Г. Гелетуха, З.А. Марценюк // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1999. – № 4. – С. 6-14.
30. Гелетуха Г.Г. Потенциал сбора и утилизации свалочного газа в Украине / Г.Г. Гелетуха, Ю.Б. Матвеев, К.А. Копейкин // Проблемы сбора, переработки и утилизации отходов. – Одесса – 2002. – С.46-50
31. Гелетуха Г.Г. Современные технологии анаэробного сбраживания биомассы (Обзор) / Г.Г. Гелетуха, С.Г. Кобзарь // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2002. – № 4. – С. 3-8.
32. Гірничий енциклопедичний словник: В 3 т.: т. 2 / За ред. В. С. Білецького. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2002. – 632 с.
33. Головчиц В.А. Информационно-справочные материалы по экологии для участников общественного экологического движения / В.А. Головчиц. – Минск.: МОО "Экологическая инициатива", 2002. – 136 с.
34. Горная энциклопедия / За ред. Е.А. Козловского. [Электронный ресурс]. – 80 Min / 700 MB. – М: ДиректМедиа Паблишинг, 2006. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM), 12 см – Систем. вимоги: Pentium; 32 MB RAM; Windows 95, 98 2000, XP, Word 97, 2000 – Назва з контейнера.
35. ГОСТ 52808-2007. Нетрадиционные технологии. Энергетика биоотходов. – [Действителен от 2007-25-12]. – М.: Стандартиформ, 2008 – 58 с. – (Государственный стандарт Российской Федерации).
36. ГОСТ Р 51237-98. Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Термины и определения – [Действителен от 1998-25-12]. – М.: Госстандарт России, 1999 – 12 с. – (Государственный стандарт Российской Федерации).
37. Грималюк М. Солнечная энергетика: все только начинается / Мария Грималюк / [Электронный ресурс] / ЭСКО. – 2007. – № 1 // Режим доступа до журн [http://esco-ecosys.narod.ru/2007\\_1/art102.htm](http://esco-ecosys.narod.ru/2007_1/art102.htm).
38. Девянин С.Н. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей / С.Н. Девянин, В.А. Марков, В.Г. Семенов – Харьков: Новое слово, 2007 – 600 с.
39. Долинский А. Возможности замещения природного газа в Украине за счет местных видов топлива / Анатолий Долинский, Георгий Гелетуха // Энергетическая политика Украины. – 2006. – № 3-4. – С. 60-65.
40. ДСТУ 6081:2009. Ефіри метилові жирних кислот олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні вимоги. / [Дійсний від 2009-20-01]. К.: ДП "УкрНДЦ", 2009 – 12 с. – (Національний стандарт України).
41. Дубровін В.О. Аналіз технічних засобів для виробництва біодизеля / В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко, В.М. Поліщук // Механізація та електри-

фікація сільського господарства: Міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха, 2011. – Вип. 95. – С. 317-322.

42. Дубровін В.О. Виробництво біогазу з органічних відходів в умовах окремого господарства / В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко, В.В. Криворучко, В.І. Тимошенко, І.В. Мельник // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування. – Київ, 2009. – № 134. (Ч. 2). – С. 96-100.

43. Дубровін В.О. Розробка технологічної схеми лінії виробництва біодизельного палива з рослинних олій «холодного» віджиму / В.О. Дубровін, С.В. Драгнєв, М.С. Даценко // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2007. – Вип. 107 (Ч. 1). – С. 270–278.

44. Дубровин В.А. Украинское биотопливо будет качественным / В.А. Дубровин, М.Д. Мельничук, В.Г. Мироненко, В.Н. Полищук, С.В. Драгнєв // Зерно. – 2007. – № 5. – С. 98–103.

45. Дубровін В.О. Енергетичний гектар України / В.О. Дубровін, М.Д. Мельничук, А.Є. Конеченков, С.В. Драгнєв // Посібник українського хлібороба. – 2007. – С. 218–228.

46. Дубровский В.С. Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов / В.С. Дубровский, У.Э. Виестур. – Рига: Зинатне, 1988. – 204 с.

47. Железна Т. Лушпиння соняшнику для теплових потреб / Тетяна Железна, Олександра Морозова // Зелена енергетика. – 2007. – № 4. – С. 24-25.

48. Железная Т.А. Современные технологии получения жидкого топлива из биомассы быстрым пиролизом. Часть 1 / Т.А. Железная, Г.Г. Гелетуха // Промышленная теплотехника. – 2005. – Т.27 – № 4. – С. 91-100.

49. Железная Т.А. Современные технологии получения жидкого топлива из биомассы быстрым пиролизом. Часть 2 / Т.А. Железная, Г.Г. Гелетуха // Промышленная теплотехника. – 2005. – Т.27 – № 5. – С. 79-90.

50. Жовмир М. Альтернативное теплоснабжение за счет использования соломы / Николай Жовмир, Евгений Олейник, Сергей Чаплыгин // Коммунальное хозяйство. – 2007. – № 8. – С. 24-27.

51. Жовмир М.Н. Исследования технологий сжигания тюкованной соломы в топке водогрейного котла / М. Н. Жовмир, Т. А. Железная, С. М. Чаплыгин, В. Я. Ковалев // Зерно. – 2008. – № 5. – С. 86-95.

52. Золотарьова О. Куди прямує біопаливна індустрія? / О. Золотарьова, Є. Шнюкова // Вісник НАН України. – 2010. – №4. – С. 10-20.

53. Енергобіотехнологія: [курс лекцій для студ. сільськогосп. вузів] / В.Г. Мироненко, В.О. Дубровін, В.М. Поліщук, С.В. Драгнєв, І.В. Свистунова. – К.: Холтех, 2010. – 248 с.

54. Ефанов О. Использование SolidWorks и COSMOSWorks в проектировании ветроустановок / Олег Ефанов, Валерий Потемкин – CAD/CAM/CAE Observer. – 2004. – №3(16) – С. 16-22.

55. Караханов Э.А. Синтез-газ как альтернатива нефти. Часть 2. Метанол и синтезы на его основе / Э.А. Караханов // Соросовский образовательный журнал. – 1997. – № 12. – С. 66-69.

56. Кичигин В.П. Технология и технохимический контроль производства растительных масел: [учебн. для техн. пищ. промышл.] / В.П. Кичигин. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 354 с.

57. Ковалева О.В. Физико-химическая очистка биогаза / О.В. Ковалева, В.В. Ковалев, Д.В. Унгурияну // Сотрудничество для решения проблемы отходов: Сб. научных статей к 6 Международной конференции (8-9 апреля 2009 г.). – Харьков.: Экологический Альянс, 2009. – С. 220-228.

58. Козик В.В. Інноваційний розвиток електронного машинобудування – передумова становлення сонячної енергетики України / В.В. Козик, О.Л. Політанська // Економічний простір. – 2008. – №9 – С. 191-197.

59. Комплексні енергоощадні системи виробництва і використання твердих та рідких біопалив в умовах АПК: Рекомендації для агропромислових підприємств України / М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко, В.М. Поліщук, В.І. Кравчук, П.В. Гринько, А.В. Бурилко. – К: Аграр Медіа Груп, 2011. – 144 с

60. Коробков В.А. Преобразование энергии океана / В.А. Коробков. – Л.: Судостроение, 1986. – 280 с. – (Серия "Техника освоения океана").

61. Краткая химическая энциклопедия: В 5 т.: т. 4: Пирометаллургия – С / Ред. кол. И.Л. Кнуньянц и др. – М.: Советская энциклопедия, 1965. – 1182 с.

62. Краткая химическая энциклопедия: В 5 т.: т. 5: Т – Я / Ред. кол. И.Л. Кнуньянц и др. – М.: Советская энциклопедия, 1967. – 1184 с.

63. Магомедов А.М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии / Магомедов Абук Магомедович. – Махачкала.: Юпитер, 1996. – 244 с.

64. Мала гірнича енциклопедія: В 3 т.: т. 1: А – К / За ред. В. С. Білецького. – Донецьк: Донбас, 2004. – 640 с.

65. Мала гірнича енциклопедія: В 3 т.: т. 2: Л – Р / За ред. В. С. Білецького. – Донецьк: Донбас, 2007. – 652 с.

66. Малашенко Ю.Р. Биология метанообразующих и метанооксиляющих микроорганизмов / [Ю.Р. Малашенко, Ю. Хайер, У. Бергер, В.А. Романовская, Ф.В. Мучник] – К.: Наукова думка, 1993. – 256 с.

67. Малолетнев А. С. Современное состояние технологий получения жидкого топлива из углей / А. С. Малолетнев, М. Я. Шпирт // Российский Химический Журнал (Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева). – 2008. – Том LII – №6 – С. 44-53.

68. Марков С.А. Биоводород: возможное использование водоростей и бактерий для получения молекулярного водорода / С.А. Марков // Альтернативная энергетика и экология. – 2007. – № 1(45). – С. 30-35.



69. Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисциплін "Технології виробництва біогазу" для студентів сільськогосподарських вищих навчальних закладів 3-4 рівнів акредитації освітньо-кваліфікаційного рівня "Бакалавр" напрямку підготовки "Машинобудування" / [М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко, В.М. Поліщук та ін.]. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2012. – 36 с.

70. Меерендонк Г. Очистка биогаза с помощью активированного угля компании Норит / Гертъян Ван де Меерендонк, Роберт Вортман // Know Now. – 2008. – № 1. – Выпуск 11. – С. 23.

71. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм: [Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений] / С.В. Мельников. – Л.: Колос: Ленингр. отд-ние, 1978. – 560 с.

72. Мельничук М.Д. Аналіз сучасного стану та перспектив розвитку світової та української сонячної енергетики / М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін, В.М. Поліщук // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування. – Київ, 2011. – № 166. Ч. 2 – С. 9-16.

73. Мельничук М.Д. Розвиток біоенергетики як нової сфери агропромислового виробництва в Україні / М. Д. Мельничук, В. О. Дубровін, С. В. Драгнєв, М. С. Даценко, А. Є. Конеченков // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2007. – Вип. 117. – С. 190–212.

74. Мироненко В.Г. Технології та технічні засоби виробництва біодизелю / В.Г. Мироненко, В.М. Поліщук, С.Є. Тарасенко, О.В. Поліщук / [Електронний ресурс] / Енергетика і автоматика. – 2010. – № 2 (4) // Режим доступу до журн.: [http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/eia/2010\\_2/index.htm](http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/eia/2010_2/index.htm).

75. Михайлюк О.Л. Стан і перспективи використання ресурсів гідрату метану зони Чорного моря / О.Л. Михайлюк, С.В. Стеценко, Л.В. Сухіна, Д.Г. Русєв // Науковий вісник Одеського державного економічного університету. – Одеса, 2009. – №5 (83) – С. 25-35.

76. Моисеев И.И. Место и значение биоэнергетики в решении народнохозяйственных задач / И.И. Моисеев, Л.И. Трусов // Презентация доклада на пятом съезде общества биотехнологов России им. Ю.А. Овчинникова и Всероссийского совещания работников биотехнологической отрасли промышленности (2 декабря 2008 г), (Москва, 2–4 декабря 2008 г.).

77. Моргунова Е.М. Применение комплексных ферментных препаратов в производстве этилового спирта из крохмалосодержащего сырья / Е.М. Моргунова, В.Н. Аникеев, В.И. Соловей // Пищевая паромышленность: наука и технологии. – 2011. – №4 (14). С. 20-26.

78. Никитин Г.А. Метановое брожение в биотехнологии / Г.А. Никитин. – К.: Выща шк., 1990. – 207 с.

79. Новітні технології біоенергоконверсії: Монографія / Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетуша, І.П. Григорюк, В.О. Дубровін, А.І. Ємець, Г.М. Забарний,

Г.М. Калетнік, М.Д. Мельничук, В.Г. Мироненко, Д.Б. Рахметов, С.П. Циганков – К: "Аграр Медіа Груп", 2010. – 360 с.

80. Овсянко А.Д. Топливная гранула: Россия, Беларусь, Украина: справочник / А.Д. Овсянко. Санкт-Петербург, Биотопливный портал WOOD-PELLETS.COM, 2007. – 200 с.

81. Огляд відновлюваних джерел енергії в сільському та лісовому господарстві України / [ Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Голубовська-Онісімова Т.М., Конеченков А.Є.] – К.: Інститут економічних досліджень та політичних консультацій, 2006. – 58 с. – (Оглядова робота).

82. Окоча А.И. "Евротопливо" для украинского бензобака / А.И. Окоча / Зерно. – 2008. – №5(сентябрь) – С. 96-106.

83. Окоча А.И. Паливно-мастильні та інші експлуатаційні матеріали: [підруч. для студ. вищ. навч. закл.] / А.И. Окоча, Я.Ю. Білоконь. – К.: Укр. Центр духовної культури, 2004. – 448 с.

84. Олейник Е. Европейский опыт использования древесины для теплоснабжения / Евгений Олейник // Коммунальное хозяйство. – 2008. – № 2. – С. 30-34.

85. Олійник Є. Енергетичні плантації. Чи можна зменшити залежність України від імпортованих енергоносіїв? / Євген Олійник, Микола Жовмір, Костянтин Дрозд, Тетяна Єловікова // Зелена енергетика. – 2007. – № 3. – С. 6-9.

86. Олійник Є. Зігріємось соломкою / Євген Олійник // Коммунальное хозяйство. – 2007. – № 5. – С. 32-35.

87. Описание ферментов для производства спирта / Элита Трейд [Электронный ресурс] / 2012. Режим доступа до журн.: <http://www.elitetrade.kz/alco/index.htm>. Дата доступу: 01/05/2012.

88. Панов А.М. Киевская энергетическая система / А.М. Панов – К.: Техніка, 1982. – 74 с.

89. Перспективы энергетических технологий. В поддержку Плана действий "Группы восьми". Сценарии и стратегии до 2050 г. ОЭСР/МЭА, WWF России (перевод на русский язык, ред. часть 1 – А. Кокорин, часть 2 – Т. Муратова. – М.: 2007. – 586 с.

90. Поліщук В.М. Економічні показники виробництва та використання дизельних біопалив / В.М. Поліщук // Продуктивність агропромислового виробництва: Наук.-практ. зб. – 2008. – Вип. 11. – С. 65-68.

91. Поліщук В.М. Застосування біопалив для дизельних двигунів (Узагальнення досвіду) / В.М. Поліщук, С.В. Драгнєв, І.І. Убоженко, М.Ю. Павленко, О.В. Поліщук // Науковий вісник Національного аграрного університету. – Київ, 2008. – № 125. – С. 315-319.

92. Поліщук В.М. Перспективи застосування дизельних біопалив в народному господарстві / В.М. Поліщук, М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін,

В.Г. Мироненко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування. – Київ, 2010. – № 144., Ч. 1 – С. 33-43.

93. Поліщук В.М. Проблеми розвитку дизельного біопалива в Україні / В.М. Поліщук, І.О. Білик, С.В. Драгнєв, О.В. Поліщук // Продуктивність агропромислового виробництва: Наук.-практ. зб. – 2007. – Вип. 6. – С. 110-117.

94. Поліщук В.М. Способи застосування біопалив в народному господарстві / В.М. Поліщук // Науковий вісник Національного аграрного університету. – Київ, 2008. – № 125. – С. 257-267.

95. Поліщук В.М. Сучасний стан світового та вітчизняного паливно-енергетичного комплексу / В.М. Поліщук, Т.О. Білько // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування. – Київ, 2012. – № 144. – Ч. 3 – С. 205-215.

96. Поліщук В.М. Тваринні та рослинні жири як сировина для виробництва біодизелю (Узагальнення досвіду) / В.М. Поліщук // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування. – Київ, 2010. – № 144. – Ч. 3 – С. 198-218.

97. Поліщук В.М. Техніко-технологічні аспекти виробництва біодизельного пального / В.М. Поліщук // Вісник аграрної науки. – 2010. – №11. – С. 41-42.

98. Поліщук В.М. Технічні засоби для використання енергії вітру (огляд) / В.М. Поліщук, С.Є. Тарасенко, О.В. Сергєєва / [Електронний ресурс] / Енергетика і автоматика. – 2011. – № 3 (9) // Режим доступу до журн.: [http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/eia/2011\\_3/index.htm](http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/eia/2011_3/index.htm).

99. Поліщук В.М. Технічні та технологічні аспекти виробництва біодизелю / В.М. Поліщук // Вісник аграрної науки. – 2010. – №11. – С. 41-42.

100. Поліщук В. Технології виробництва рослинної олії для використання в енергетичних цілях / В. Поліщук // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. праць. – Київ, 2010. – Вип. 14 (22). – Кн. 1. С. 377-384.

101. Поліщук В.М. Технології виробництва біодизелю (Огляд) / В.М. Поліщук, С.Є. Тарасенко, І.Д. Гуменюк, М.М. Яструб, О.В. Поліщук // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування. – Київ, 2010. – № 144. – Ч. 3 – С. 354-359.

102. Получение микробных ферментных препаратов для спиртовой промышленности / Антология производства спирта [Електронний ресурс] / 2010. Режим доступу до журн.: [http://www.sergey-osetrov.narod.ru/Projects/Enzym/Production\\_microbial\\_ferments.htm](http://www.sergey-osetrov.narod.ru/Projects/Enzym/Production_microbial_ferments.htm). Дата доступу: 27/02/2010.

103. Попов А. М. Природоохранные сооружения: учебн. для вузов / А.М. Попов, И.С. Румянцев. – М.: Колос, 2005. – 520 с.

104. Порущкий Г.В. Биохимическая очистка сточных вод производств / Г.В. Порущкий. –М.: Химия, 1975. – 256 с.

105. Процеси та апарати біотехнологічних виробництв. Частина 2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисциплін " Процеси та апарати біотехнологічних виробництв" та "Енергобіотехнологія" для студентів сільськогосподарських вищих навчальних закладів 3-4 рівнів акредитації зі спеціальності 6.092900 "Екобіотехнологія" / М.Д. Мельничук, В.Г. Мироненко, В.М. Поліщук та ін. – К.: Видавничий центр НАУ, 2008. – 38 с.
106. Пухнюк А. Энергосбережение в Новом Свете / Александра Пухнюк // Коммунальное хозяйство. – 2008. – № 12. – С. 12-14.
107. Римарева Л.В. Концентрированные ферментные препараты для спиртовой промышленности / Л.В. Римарева // Антология производства спирта [Электронный ресурс] / 2010. – Режим доступа до журн.: <http://www.sergey-osetrov.narod.ru/Projects/Enzym/Ferments.htm>. – Дата доступу: 07/03/2010.
108. Розміщення продуктивних сил і регіональна економіка: Підручник / С. І. Дорогунцов, Т. А. Заяць та ін.; За заг. ред. С. І. Дорогунцова. – К.: КНЕУ, 2005. – 988 с.
109. Романов А.Д. Создание технологии и оборудования для переработки биогаза в синтетическое топливо / А.Д. Романов, Мартьянов М.А // Материалы 5-й всероссийской научной молодежной школы ["Возобновляемые источники энергии"], (Москва, 25-26 октября 2006 г.) / Российский фонд фундаментальных исследований; ЗАО НПК "Сибгелиозкоэнерго". – М.: Геогр. ф-т МГУ, 2006 – С. 97–100.
110. Сендонін Т.В. Дослідження впливу сировини та режимів метанового бродіння на ефективність виробництва біогазу / Т.В. Сендонін, В.М. Поліщук // Матеріали 2-ої міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів [Наукові здобутки молоді у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства], (Київ, 19-20 квітня 2012 р.). – К.: ТОВ "Аграр Медіа Груп" – 2012 – С. 390.
111. Сибірний А. Біопаливне етанол з лігніноцелюлози (рослинної біомаси): досягнення, проблеми, перспективи / А. Сибірний // Вісник НАН України. – 2006. – №3. – С. 32-48.
112. Стабников В.М. Этиловый спирт / В.М. Стабников, И.М. Ройтер, Т.Б. Процюк. – М.: Пищевая пром-сть, 1976. – 273 с.
113. Степаненко П. Из истории биобутанола / Петр Степаненко / The Chemical Journal. – 2008. – №9 (сентябрь) – С. 30-33.
114. Тарнижевский Б.В. Состояние и перспективы использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии в России / Б.В. Тарнижевский //Промышленная энергетика. – 2002. – №1. – С. 52-56.
115. Тереньтьев Г.А. Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов / Тереньтьев Г.А., Тюков В.М., Смаль Ф.В.; пер. с англ. Ф.П. Тарасенко. – М.: Химия, 1989. – 272 с.
116. Технології виробництва біодизелю: [курс лекцій для студ. сільськогосп. вузів] / В.Г. Мироненко, В.О. Дубровін, В.М. Поліщук, С.В. Драг-

нев. – К.: Холтех, 2009. – 100 с.

117. Технології виробництва біогазу: [курс лекцій для студ. сільсько-госп. вузів] / В.Г. Мироненко, В.О. Дубровін, В.М. Поліщук, С.В. Драгнєв, І.В. Свистунова. – К.: Холтех, 2010. – 84 с.

118. Химическая энциклопедия: В 5 т.: т. 1: А – Дарзана / Ред. кол. И.Л. Кнуньянц и др. – М.: Советская энциклопедия, 1988. – 623 с.

119. Химическая энциклопедия: В 5 т.: т. 3: Меди – Полимерные / Ред. кол. И.Л. Кнуньянц и др. – М.: Большая российская энциклопедия, 1992. – 639 с.

120. Цыганков С.П. Биоэтанол / С.П. Цыганков – К.: ООО "Интерсервис", 2010 – 160 с.

121. Чернов А.В. Основы теплотехники и гидравлики. / Чернов А.В., Бессеребренников Н.К. – М.: Энергия, 1965. – 456 с.

122. Чумаков В. Прилив сил / Валерий Чумаков // Вокруг света. – 2009. – № 3(282). – С. 78-84.

123. Шалимов Ю.Н. Энергетические установки синтеза топлива пиролизным способом. / Ю.Н. Шалимов, Е.Л. Савельева // Энергетические комплексы и системы управления. – 2008. – № 3. – С. 66-69.

124. Шацький В.В. Виробництво біогазу в сільському господарстві України / Шацький В.В., Мовсесов Г.Є., Павліченко В.М. // Науковий вісник НАУ. – Вип. 73. – 2004. – С. 104-108.

125. Шпильрайн Э.Э. Введение в водородную энергетику / Э.Э. Шпильрайн, С.П. Малышенко, Г.Г. Кулешов. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 264 с.

126. Шуцкий И.В. Этанол – новое направление компании / И.В. Шуцкий, О.Г. Галузинский // Цукор України. – Київ, 2008. – № 1. – С. 8-15.

127. Эдер Б. Биогазовые установки. Практическое пособие / Барбара Эдер, Хайнц Шульц. – М.: Колос, 2006. – 240 с.

128. Этанол [Электронный ресурс] / 2012. Режим доступа до журн.: <http://rea.org.ua/dieret/Fuels/ethanol.html>. Дата доступу: 01/05/2012.

129. BP Statistical Review of World Energy – London, June 2010. – 50 p.

130. Dreszer K., Vichalek R., Roszkowski A. Energia odnawialna – mozliwosci jej pozyskiwania i wykorzystania w rolnictwie / Kazimierz A. Dreszer, Rudolf Vichalek, Andzej Roszkowski. – Krakow: DRUKROL, 2003. – 256 с.

131. Gulletechniek. Die Bessereloesung. – Langenhagen: – 1995. – 20 p. (рекламний каталог фірми ITT Flugt).

132. Henson I.M. Examination of thermophilic methane-producing digesters by analysis of bacterial lipids / I.M. Henson, P.H. Smith, D.C. White // Appl. and Environ. Microbiol. – 1985. – 50, №6. – P. 1428-1433.

133. Hungate R.E. The rumen microbial ecosystem / R.E. Hungate // Annual Review of Ecology and Systematics. – 1975. – 6, – P. 39-66.

134. Lsa Z. Sulfate reduction relative to methane production in high-rate anaerobic digestion: microbial aspects / Z. Lsa, S. Grusenmeyer, W Verstraete. // *Appl. and Environ.Microbical.* – 1986. – 51, №3. – P. 580-587.
135. Mylroie R.L.,. Experiments on the methane bacteria in sludge / R.L. Mylroie, R.E. Hungate // *Can.J.Microbiol* – 1954. – 1, №1. P. 55-64.
136. Renewable energy: RD&D Priorities Insights from IEA Technology Programmes – Paris: Cedex, 2006. – 224 p.
137. Pogorely L.W. Koncepcja tworzenia i wykorzystania basowych biotechnologii produkcji zwierzecej / L.W. Pogorely, W.A. Jasienieckiy, W.S. Targonia // *Nowoczesne technologie chowy bydla i trzody chlewney z uwzględnieniem wymagan ochrony srodowiska, IBMER, Warszawa, 1996.* – S. 67-68.
138. Smith P.H. Pure culture studies of methanogenic bacteria / P.H. Smith // *Proc.20<sup>th</sup> Purdue Waste Conf.*, 1965., – P. 583-588.
139. Varel V.H. Characteristics of some fermentative bacteria from a thermophilic methane-producing fermenter / V.H. Varel // *MicrobioI.Ecol.* – 1984. – 10. – P. 15-24.
140. Wolin M.J. The rumen fermentation: a model for microbial interactions in anaerobic ecosystems / M.J. Wolin // *Adv.Microbial Ecol.* – 1979. – 3. – P.49-77.
141. Zehnder A.J.B. Characterization of an acetate-decarboxy lating, non-hydrogen-oxidiring methane bacterium / [Zehnder A.J.B., Huser B.A., Brock T.D., Wehrmann K.] // *Arch.Microbiol.* – 1980. – 124, №1 – P. 1-11.

## ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ



**МЕЛЬНИЧУК Максим Дмитрович**, доктор біологічних наук (2006), професор (2007), член-кореспондент НААН України (2007), заступник міністра аграрної політики України. Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (2005) за підручник "Біотехнологія рослин". Нагороджений орденом "За заслуги" III ступеня (2008).

Народився 6 квітня 1973 року в м. Києві. В 1994 році закінчив Київський національний університет імені Тараса Шевченка за спеціальністю «Вірусологія», а в 1999 р. – магістратуру Національного аграрного університету за спеціальністю «захист рослин». В 1997 році закінчив аспірантуру Київського національного університету імені Тараса Шевченка при кафедрі вірусології біологічного факультету. З 1997 р. – кандидат біологічних наук, з 2000 р. – доцент. З 1998 року працював в Національному аграрному університеті (який з 2008 р. став Національним університетом біоресурсів і природокористування України), де ним створено першу в Україні наукову проблемну лабораторію фітовірусології та біотехнології. З 2001 року обіймає посаду завідувача кафедри фізіології рослин, вірусології та біотехнології (тепер кафедра екобіотехнології і біорізноманіття). З квітня 2003 р. – декан факультету захисту рослин і біотехнологій НАУ, а з листопада – начальник Управління безпеки хімічних речовин Міністерства охорони навколишнього природного середовища України.

В грудні 2004 року М.Д. Мельничук започатковує Навчально-науковий інститут Охорони природи і біотехнологій НАУ, а з 2007 року – проректор з наукової та інноваційної роботи цього ж університету. З 31 травня 2010 року призначений заступником міністра аграрної політики України. М.Д. Мельничук – один з ініціаторів розвитку біоенергетики в Україні, розробник новітніх технологій виробництва твердих біопалив з біомаси, дизельного біопалива та біогазу з сільськогосподарських і комунальних відходів, побутових й промислових котлів та теплогенераторів. Автор понад 190 наукових праць, в тому числі 5-ти підручників, 30 патентів України на винаходи, багатьох методичних рекомендацій з фітовірусології, біотехнології та захисту рослин, співавтор сорту хмелю «Національний». М.Д. Мельничук – голова спеціалізованої вченої ради Д 26.004.15 із захисту докторських (кандидатських) дисертацій в галузі біологічних і сільськогосподарських наук за трьома спеціальностями; член редакційних рад наукових видань «Мікробіологічний журнал», «Вісник генетиків та селекціонерів України», «Біотехнологія».



**ДУБРОВІН Валерій Олександрович**, доктор технічних наук (1997), професор (2004), лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (2011), проректор з наукової та інноваційної діяльності Національного університету біоресурсів та природокористування України.

Народився 24 вересня 1957 року в м. Києві. В 1980 році закінчив Українську сільськогосподарську академію. З 1980 по 1998 роки Дубровін В.О. працював в Інституті механізації та електрифікації сільського господарства, з 1998 р. – у Президії Української академії аграрних наук, з 2000 р. – в Національному університеті біоресурсів і природокористування України.

Дубровін В.О. є одним з провідних фахівців України з питань технічного забезпечення технологій біоенергоконверсії. Є розробником новітніх технологій виробництва дизельного біопалива, біогазу і твердих біопалив з соломки та деревних відходів, побутових котлів й промислових теплогенераторів на біомасі. Один з ініціаторів створення регіональних біоенергетичних комплексів у сільській місцевості на основі «більш чистих» технологій за концепцією UNIDO. Розробник рекомендацій з питань ефективного застосування технологічних процесів виробництва біопалива, 18 державних стандартів в галузі біоенергетики. За останні 10 років Дубровіним В.О. опубліковано за тематикою біоенергоконверсії 119 наукових праць. Серед них – 5 монографій, понад 120 наукових публікації і 16 патентів України. Входить до складу редакційних колегій наукових видань, зокрема «Наукового вісника НУБіП України», журналів «Техніка АПК», «Електрифікація та автоматизація сільського господарства», «Research in Agricultural Engineering» (Чеська Республіка) й інших. Голова спеціалізованої вченої ради Д 26.004.06 із захисту докторських (кандидатських) дисертацій в галузі технічних наук за спеціальностями 03.00.20 – біотехнологія та 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

**МИРОНЕНКО Валентин Григорович**, доктор технічних наук (2006), лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (2011), завідувач кафедри інженерного забезпечення рослинництва ім. академіка П.М. Василенка Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Народився 21 червня 1952 р. в смт. Попільня Житомирської області. В 1975 р. закінчив Українську сільськогосподарську академію. З 1975 по 2001 рік працював в Інституті механізації та електрифікації сільського господарства на посадах від старшого інженера до завідуючого відділом. З 2001 року працює в Національному університеті біоресурсів та природоко-





ристування України. Обіймав посади доцента, заступника проректора з організаційної і наукової роботи університету, директора НДІ.

Мироненко В.Г. – один з розробників наукових основ технічного забезпечення новітніх технологій локально-дозованого обробітку поля при високоефективному виробництві сільськогосподарської продукції та альтернативної енергетики для сільської місцевості України (має 18 патентів, автор шести монографій, опублікував 145 наукових і навчально-методичних праць, 10 розробок впроваджені у виробництво), досвідчений організатор наукової

роботи, в 2008-2011 роках працював членом експертної ради ВАК України з галузевого машинобудування.

Доктор технічних наук Мироненко В.Г. є членом спеціалізованих вчених рад Д 26.004.15 (спеціальність 03.00.20 – біотехнологія) та Д 26.004.06 (спеціальність 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва) по захисту докторських (кандидатських) дисертацій при Національному університеті біоресурсів та природокористування України, членом науково-методичної комісії науково-педагогічних працівників вищих навчальних закладів Міністерства аграрної політики та продовольства України, член-кореспондентом Академії інженерних наук України.



**ГРИГОРЮК Іван Панасович**, доктор біологічних наук, професор, член-кореспондент НАН України, академік АН вищої школи України, заслужений діяч науки і техніки України, професор кафедри фізіології, біохімії рослин та біоенергетики ННІ рослинництва, екології і біотехнологій Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП України).

Народився 24 жовтня 1941 р. в с. Топорівка Новоселицького району Чернівецької області. В 1965 р. закінчив біологічний факультет Чернівецького державного університету за фахом «Фізіологія рослин». Працював учителем біології і хімії в сільській школі, навчався в аспірантурі й обіймав посади молодшого, старшого наукового співробітника, завідувача лабораторії фізіології водного стресу рослин, провідного наукового співробітника, виконуючого обов'язки та завідувача відділу фізіології водного режиму рослин Інституту фізіології рослин і генетики НАН України.

У 2005-2007 рр. – професор кафедри екобіотехнології і біорізноманіття, 2007-2011 рр. – директор ННІ охорони природи і біотехнологій, 2011р. – заступником директора з навчально-виховної роботи і практичної підготовки фахівців ННІ рослинництва, екології і біотехнологій НУБіП України.

Сфера наукових інтересів ученого охоплює широке коло проблем фізіології, екології і біотехнології рослин, молекулярної біології, біоенергетики, історії біології. Він є фундатором наукової школи з вивчення регуляторних систем водообміну, фізіологічних і молекулярно-біологічних механізмів стійкості й адаптації рослин до стресових факторів середовища.

І.П.Григорюк автор і співавтор 650 науково-навчальних, методичних й науково-популярних праць, з них 11 монографій, 4 книги, 5 навчальних і методичних посібників, 3 тлумачних словники, 380 статей, 25 авторських свідоцтв і патентів на винаходи, 50 науково- методичних та практичних рекомендацій. Він Лауреат премії ім. М.Г. Холодного АН УРСР (1991), Президентів НАН України, НАН Білорусі і АН Молдови (2002), НААН України «За видатні досягнення в аграрній науці» (2010), нагороди Ярослава Мудрого (2007) та Святого Володимира (2011) в галузі науки і техніки АН Вищої школи України. За роботу «Система використання біоресурсів у новітніх біотехнологіях отримання альтернативних палив» йому в складі авторського колективу рішенням Комітету з Державних премій України в галузі науки і техніки від 7 листопада 2011 року (протокол №2) рекомендовано присудити Державну премію України в галузі науки і техніки за 2011 рік.

**ПОЛІЩУК Віктор Миколайович**, кандидат технічних наук, доцент



кафедри охорони праці та інженерії середовища Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Народився 8 березня 1963 року в с. Козаровичі Вишгородського району Київської області. В 1985 році закінчив Українську сільськогосподарську академію. З 1985 по 1991 роки працював на Виставці досягнень народного господарства Української РСР і на Дослідному заводі спецелектрометалургії Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона. В 1991 році вступив в аспірантуру Українського науково-дослідного інституту механізації та електрифікації сільського господарства (УНДІМЕСГ).

Після закінчення аспірантури працював в УНДІМЕСГ молодшим науковим співробітником. В 2005 р. захистив дисертацію на звання кандидата технічних наук. З 2006 р. В.М. Поліщук працював на кафедрі біоенергоконверсій

та біотехсервісу, з 2011 – на кафедрі охорони праці та інженерії середовища Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Наукові інтереси – техніко-технологічне забезпечення процесів біоенергоконверсій в умовах агропромислового виробництва. Викладає профільні дисципліни "Процеси та апарати біотехнологічних виробництв", "Енергобіотехнологія" для підготовки студентів за напрямом 6.051401 – "Екобіотехнологія", "Технології виробництва біодизелю", "Технології виробництва біогазу", "Альтернативна енергетика: біоенергетика та біоконверсії" студентам за спеціальністю 8.05140105 – "Екологічна біотехнологія та біоенергетика", "Технології біоенергоконверсій" за спеціальністю 8.10010203 – "Механізація сільського господарства", "Інженерія систем природокористування" за спеціальністю 8.05050312 – "Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва".

В.М. Поліщук є автором 83 публікацій, з них 72 наукового (в т.ч. 33 статті у фахових виданнях) і 11 навчально-методичного характеру.



**ГОЛУБ Геннадій Анатолійович**, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, директор НДІ техніки і технологій Національного університету біоресурсів і природокористування України. Лауреат премії УААН “За видатні досягнення в аграрній науці”. Народився в селі Коломійці Покровського району Дніпропетровської області. З відзнакою закінчив Нікопольський технікум гідромеліорації і механізації сільського господарства та Українську сільськогосподарську академію. До вступу в аспірантуру Українського НДІ механізації та електрифікації

сільського господарства працював інженером у колгоспі. Після закінчення аспірантури працював на посадах молодшого, наукового та старшого наукового співробітника Українського НДІ механізації та електрифікації сільського господарства. Захистив кандидатську дисертацію на тему “Інтенсифікація обробки та утилізації активного мулу стічних вод свинокомплексів методом електроосмосу”. Після закінчення докторантури при ННЦ “Інститут механізації та електрифікації сільського господарства” УААН, працював провідним науковим співробітником лабораторії механізації застосування органічних добрив. У 2005 році захистив докторську дисертацію на тему “Механіко-технологічне обґрунтування технічних засобів для агропромислового виробництва їстівних грибів”. У подальшому працював на посадах завідувача лабораторії інженерних проблем біотехнологічних процесів та завідувач відділу інженерних проблем виробництва і використання біопалив Національного наукового центру “Інститут механізації та електрифікації сільського господарства” НААН України. Автор 220 опублікованих наукових праць, в тому числі 35 авторських свідоцтв і патентів на винаходи.



**ТАРГОНЯ Василь Сергійович**, доктор сільськогосподарських наук (2012), професор кафедри агробіотехнологій факультету біотехнології Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Народився 7 листопада 1958 року в селі Корнин Попільнянського району Житомирської області. В 1980 році закінчив Українську сільськогосподарську академію. З 1980 по 2005 рік працював в Українському науково-дослідному інституті прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого. В.С. Таргоня – відомий фахівець з питань біоконверсії органічної сільськогосподарської сировини (має понад 140 наукових праць, в т. ч. 16 патентів). Член Європейської наукової мережі "Агроризики" як експерт з питань утилізації відходів сільськогосподарського виробництва.



**ДРАГНЄВ Семен Васильович**, кандидат технічних наук (2010), старший викладач кафедри охорони праці та інженерії середовища Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Народився 11 березня 1982 року в селі Криничне Болградського району Одеської області. У 2004 році закінчив Національний аграрний університет. З 2005 року працює в Національному університеті біоресурсів і природокористування України. Сфера наукових інтересів: технології та технічні засоби для виробництва та використання біопалив.



**СВИСТУНОВА Ірина Володимирівна**, кандидат сільськогосподарських наук (2008), старший викладач кафедри кормовиробництва і меліорації Національного університету біоресурсів та природокористування України.

Народилась 16 серпня 1979 року в с. Жовтневе Згурівського району Київської області. У 2001 році закінчила Національний аграрний університет (НУБіП України). Протягом 2004-2009 років працювала в Українській лабораторії якості та безпеки продукції АПК, а з 2009 року пра-

цює в Національному університеті біоресурсів і природокористування України. Свистунова І.В. займається питаннями добору та підготовки сировини для виробництва твердого біопалива.



**КУХАРЕЦЬ Савелій Миколайович**, кандидат технічних наук (2004), доцент кафедри вищої математики та загально-технічних дисциплін Житомирського національного агроекологічного університету.

Народився 18 квітня 1976 року в м. Дубровиця Рівненської області. В 1998 році закінчив Державну агроекологічну академію України (м. Житомир). В 1998-1999 роках працював спочатку інженером сільськогосподарського підприємства, а потім – завідувачем відділу райдержадміністрації в Лугинському районі Житомирської області. З 2000 року працює в Житомирському національному агроекологічному університеті. Наукові інтереси – техніко-технологічне забезпечення процесів біоконверсії в умовах сільськогосподарського виробництва. За тематикою біоконверсії має вісім наукових праць, серед яких – підручник (у співавторстві) та два патенти. Загалом має 39 наукових праць, серед яких – 7 патентів.

## ДЛЯ ПОДАТОК

## ДЛЯ ПОТАТОК

## ДЛЯ ПОТАТОК



**Підручники та посібники для студентів  
вищих навчальних закладів**

**АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА**

Навчальний посібник для вузів

**Максим Дмитрович Мельничук, Валерій Олександрович Дубровін,  
Валентин Григорович Мироненко, Іван Панасович Григорюк,  
Віктор Миколайович Поліщук, Геннадій Анатолійович Голуб,  
Василь Сергійович Таргоня, Семен Васильович Драгнєв,  
Ірина Володимирівна Свистунова, Савелій Миколайович Кухарець**

Технічний редактор М. В. Левченко  
Відповідальний за випуск В.М. Поліщук  
Комп'ютерна верстка С.В. Драгнєв, І.В Свистунова

Підписано до друку р. Формат 60×84 1/16. Гарнітура Times

Папір офсетний. Умовн. друк. арк. .

Тираж 300 прим.

Віддруковано у Видавництві ТОВ "Аграр Медіа Груп"

04080, м. Київ, вул. Новокостянтинівська, 4А

Тел. 044 361 53 06, 044 464 66 94

Свідоцтво по внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру  
видавців ДК №3651 від 22.12.2009 р.