


# **Біоенергетика в Україні:**

**стан та перспективи розвитку**





Надзвичайно важливим фактором у підвищенні ефективності виробництва біопалива є селекція рослин з метою збільшення придатності ( за вмістом корисних речовин) для виготовлення біоетанолу і біодизельного палива.

При вирішенні цього завдання провідну роль відіграватимуть сучасні методи біотехнології.

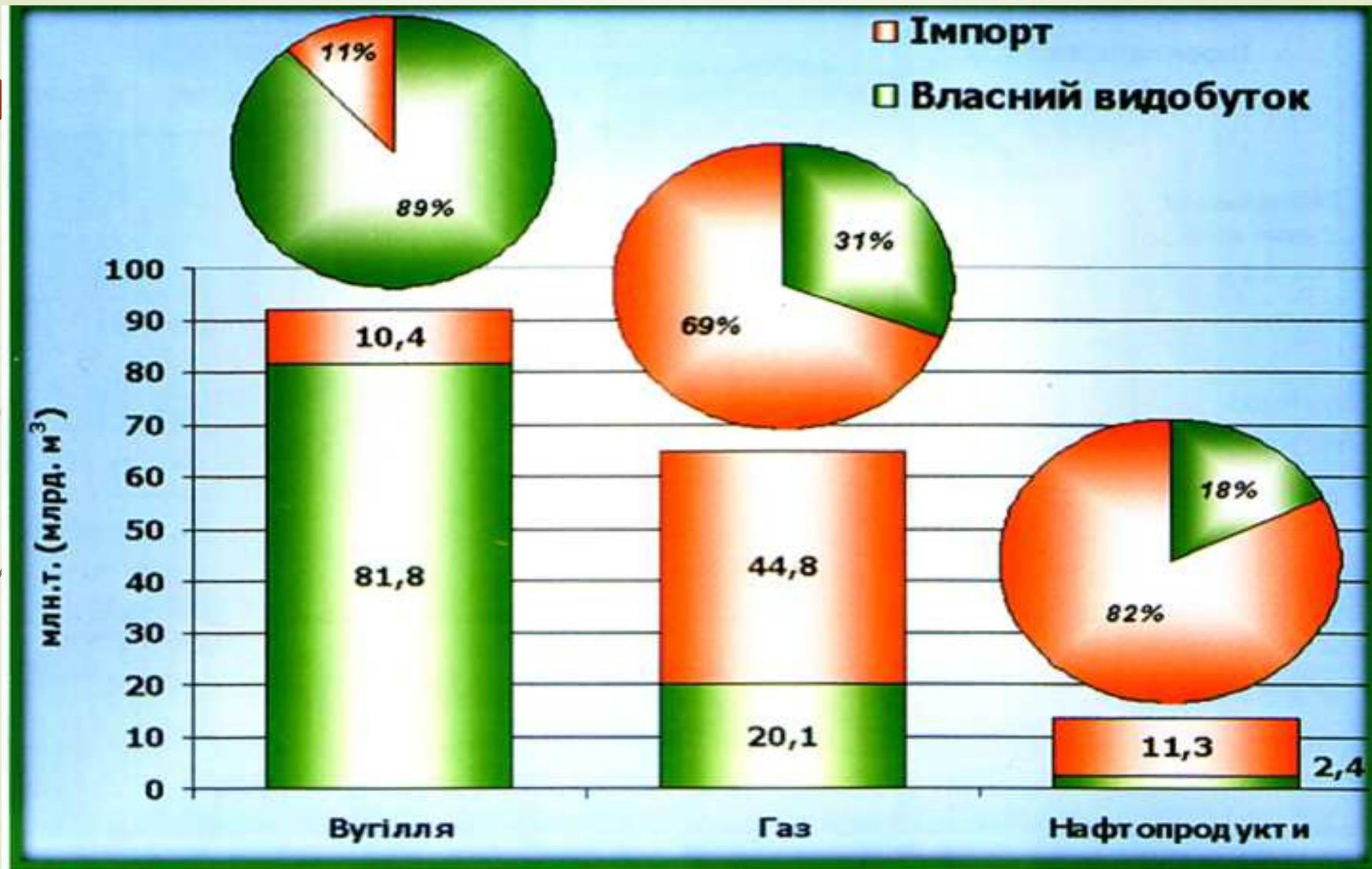
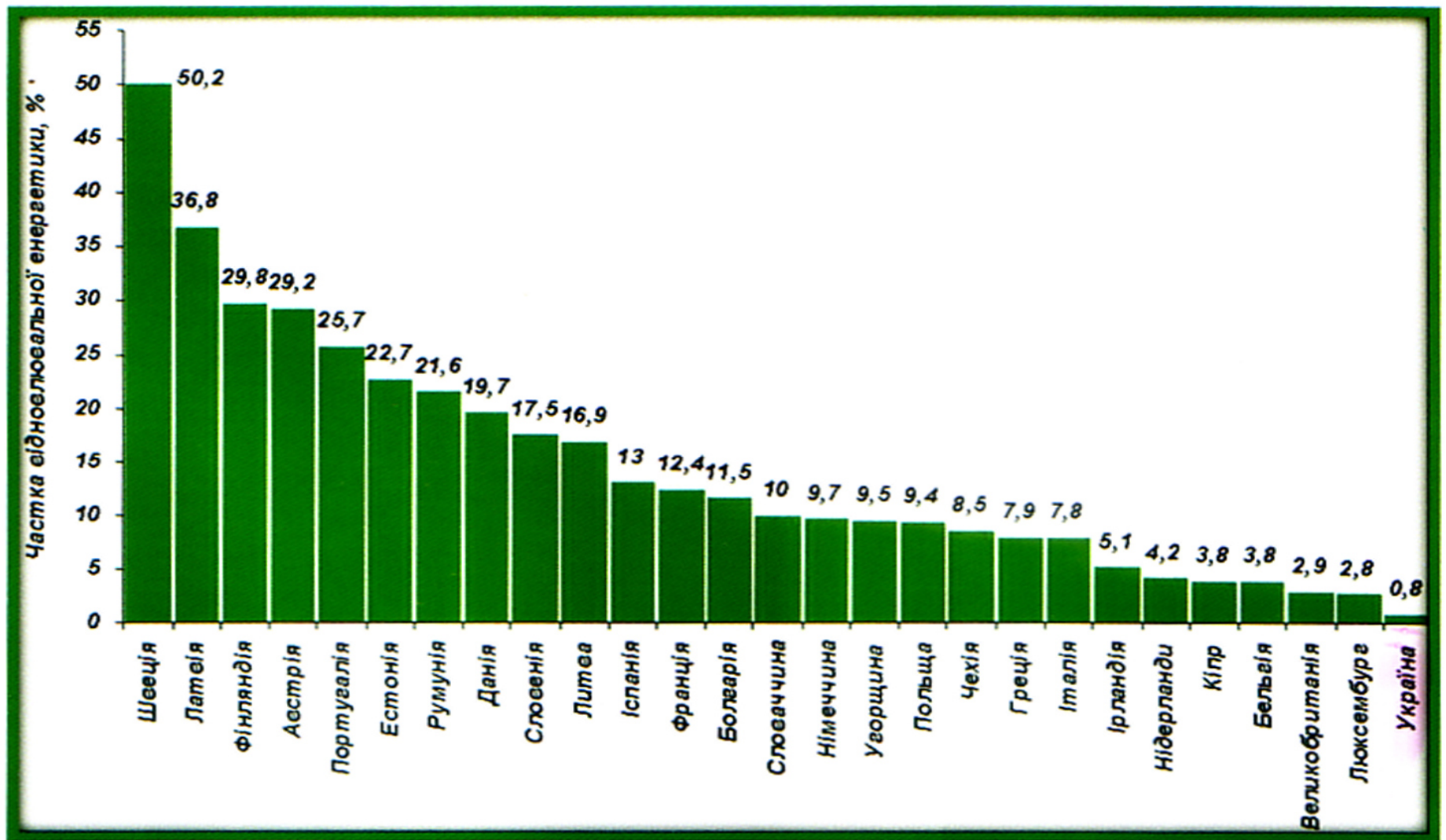
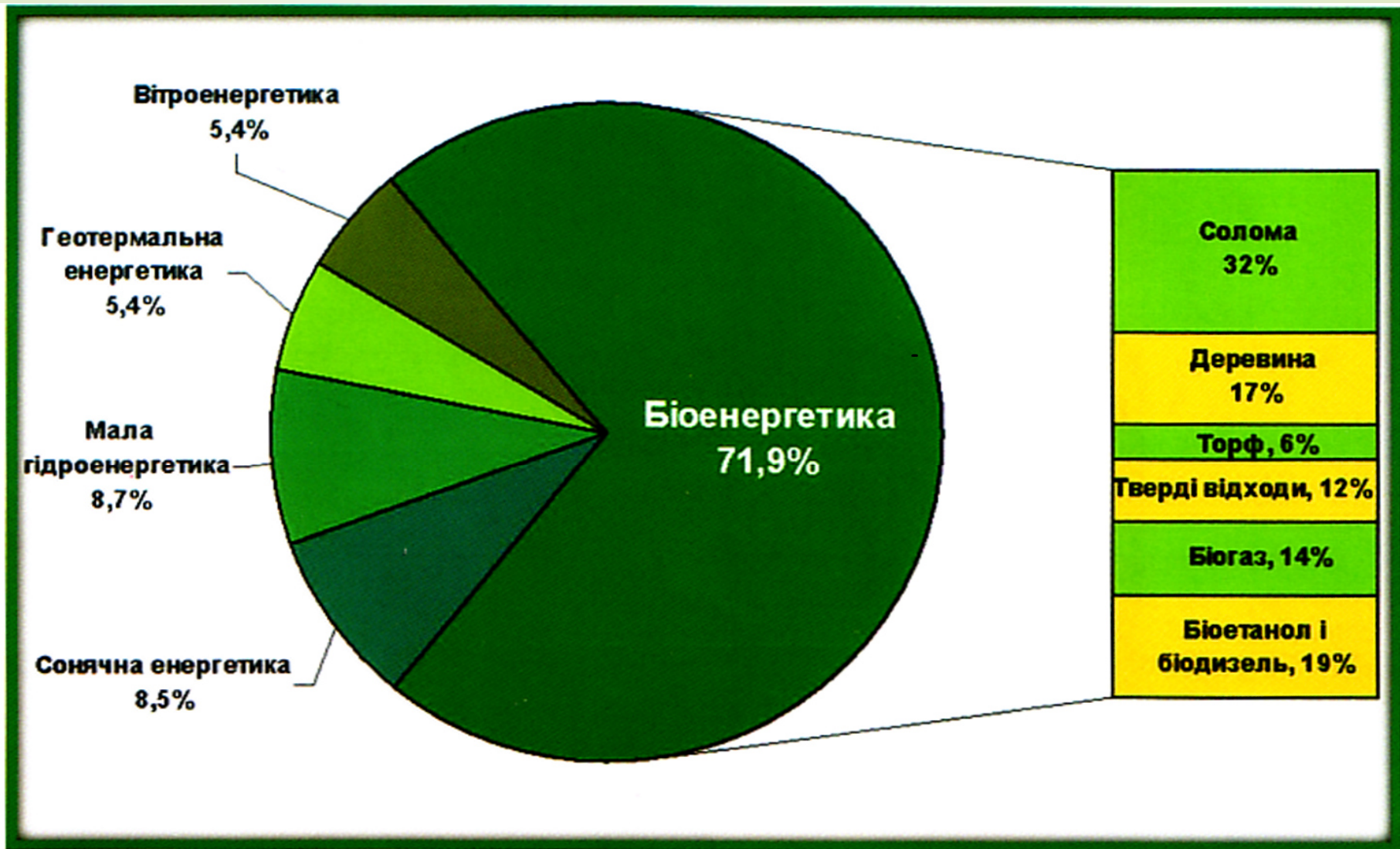


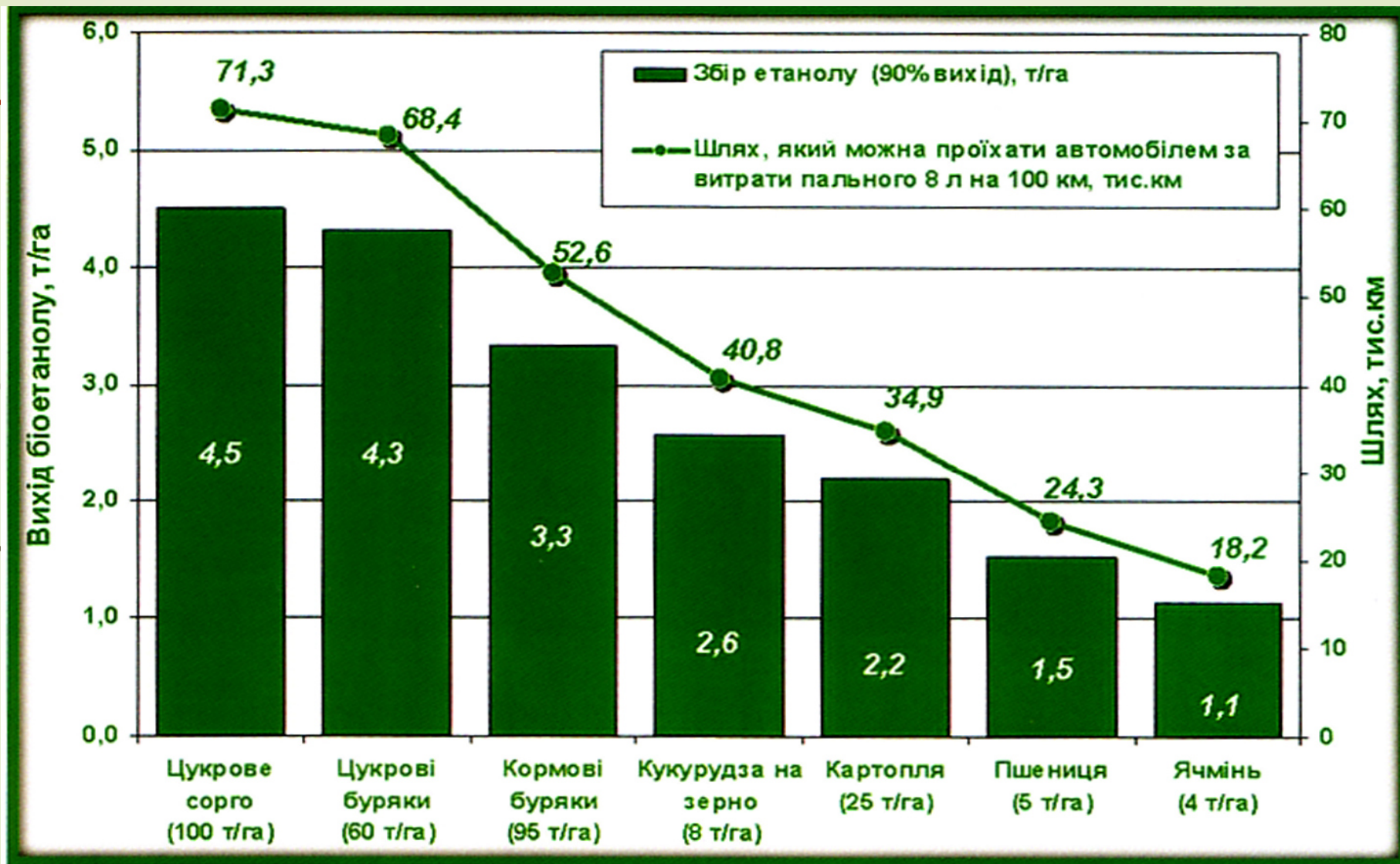
Рис. 1. Енергетичний баланс України за 2011 р.



**Рис. 2.** Частка нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі країн ЄС та України (станом на 2009 р.).



**Рис. 3.** Структура нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії України (прогноз згідно з енергетичною стратегією на 2030 р.)

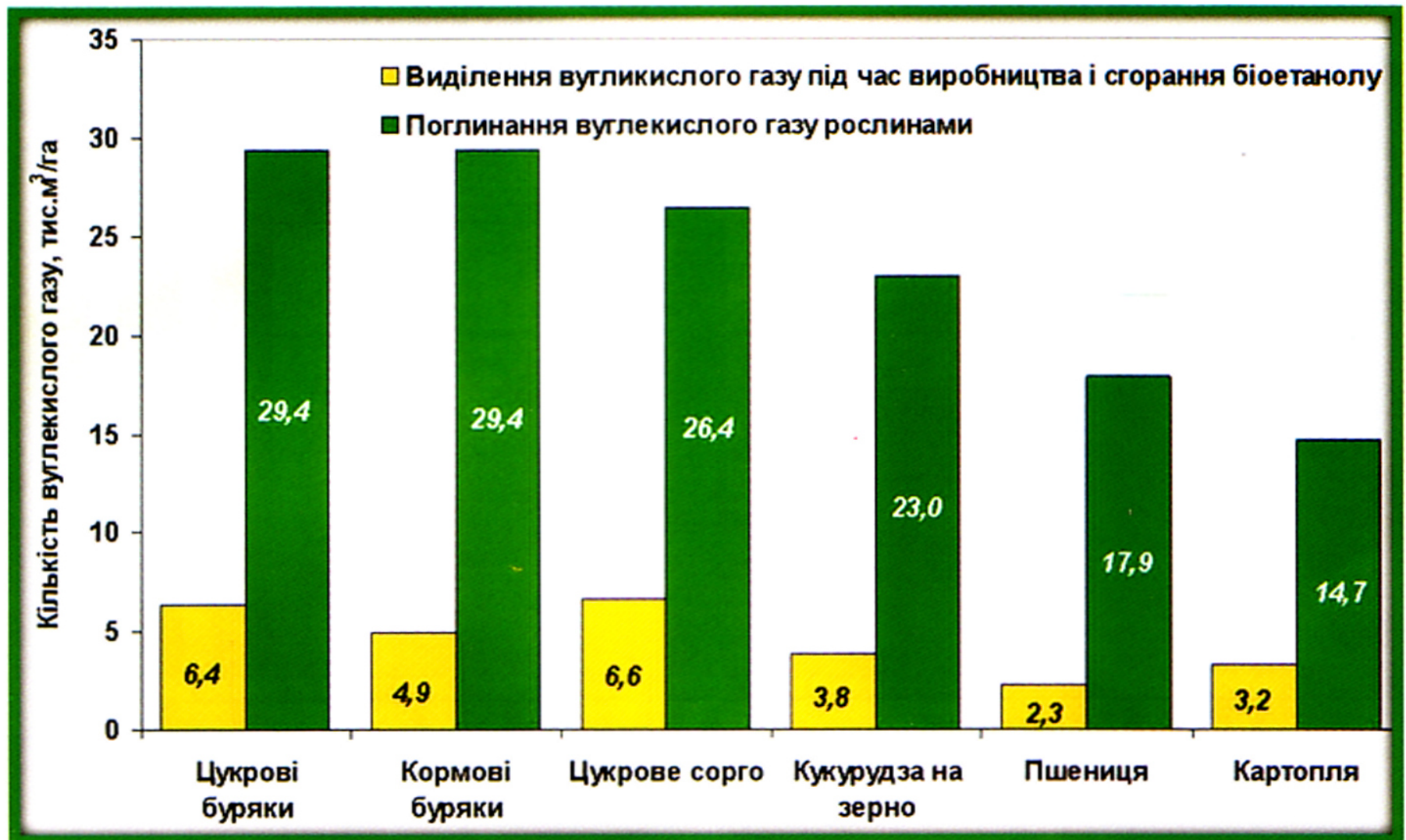


**Рис. 4.** Потенційно можливий вихід біоетанолу з 1 га посівів різних сільськогосподарських культур

Таблиця 1.

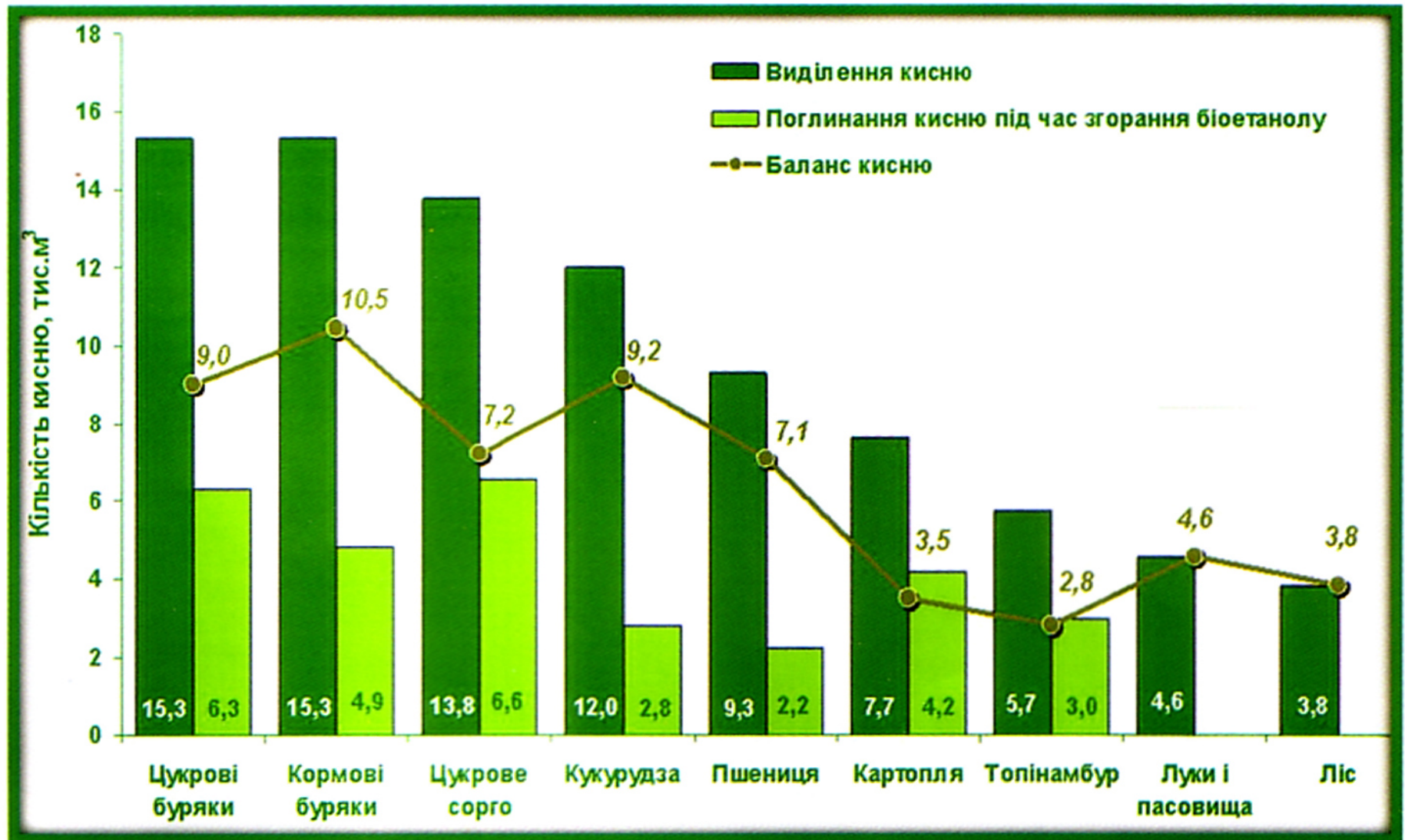
Диверсифіковане перероблення цукрових буряків на цукор і біоетанол

Валовий збір цукрових буряків, млн.т, для виробництва:		Виробництво цукру для внутрішнього споживання, млн.т	Вихід меляси, млн.т.	Виробництво біоетанолу, млн.т:	
цукру	біоетанолу			з меляси	з коренеплодів
15	15	1,8	0,71	0,17	1,15

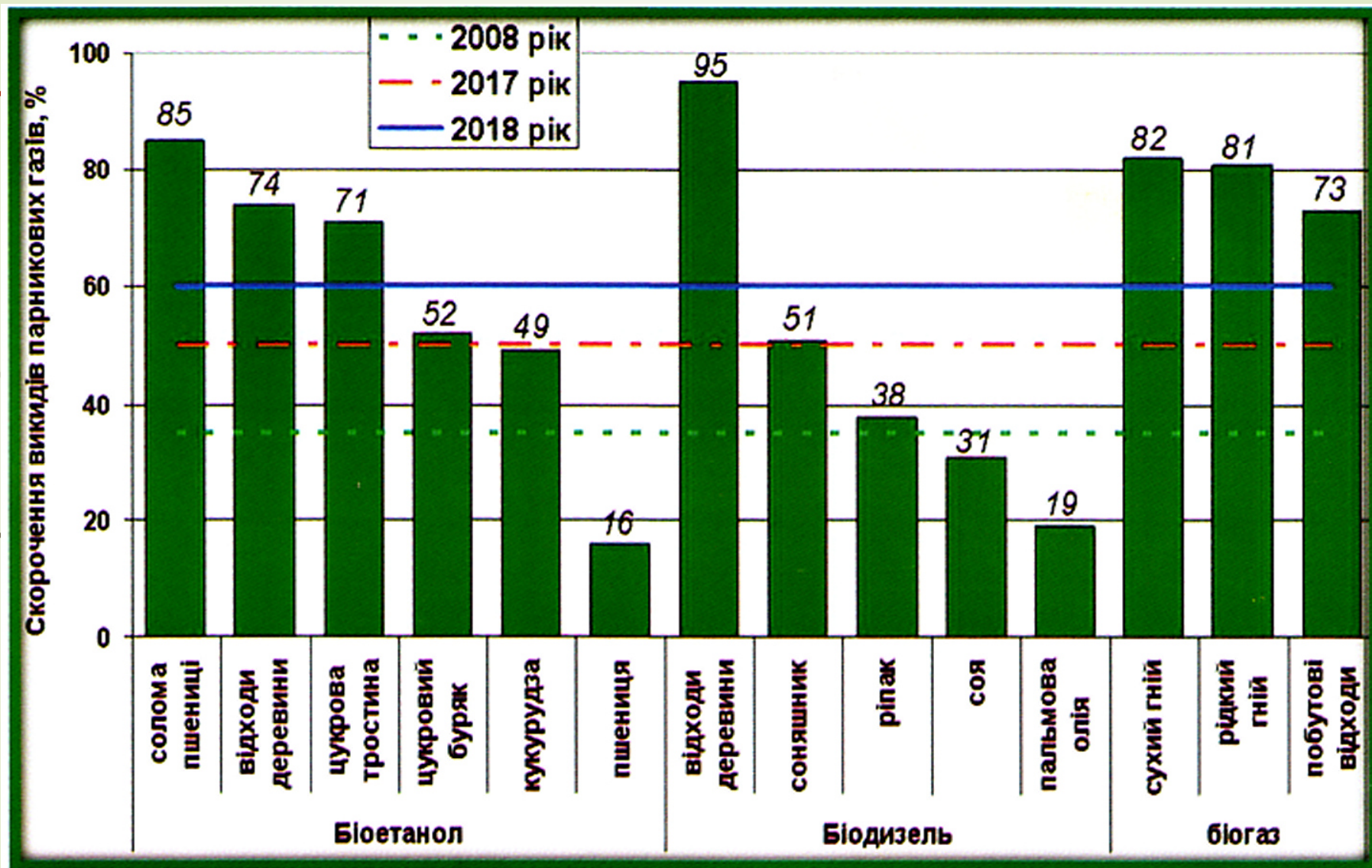


**Рис. 5.** Баланс вуглекислого газу за вирощування енергетичних рослин та виробництва і використання отриманого з них біоетанолу.

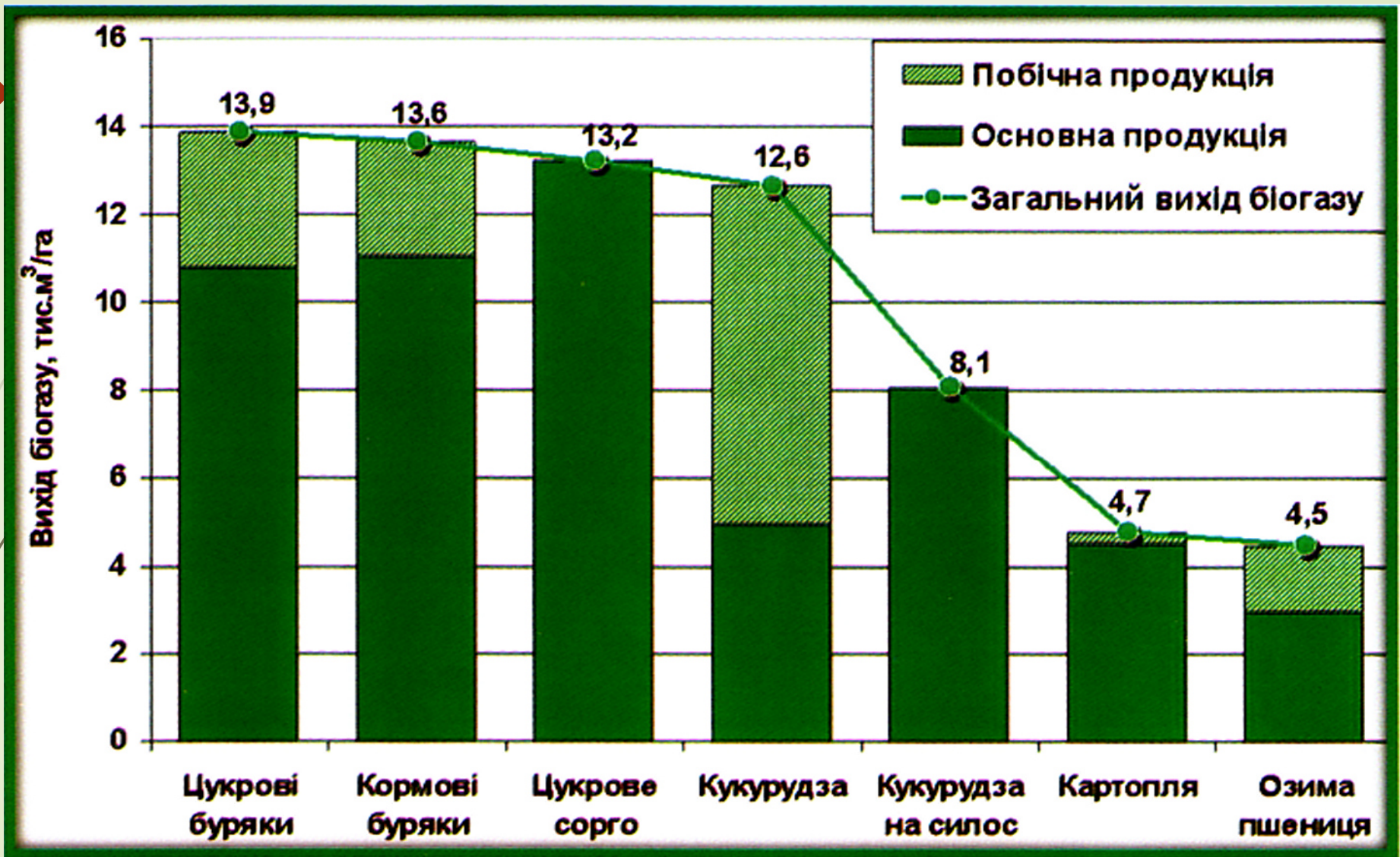




**Рис. 6.** Баланс кисню за вирощування енергетичних рослин та спалювання отриманого з них біоетанолу.



**Рис. 7.** Стандартні значення обсягів скорочення викидів парникових газів.



**Рис. 8.** Вихід біогазу з сільськогосподарських культур.

Таблиця 2.

## Вихід енергії за вирощування енергетичних рослин

Культури	Вихід біомаси, т/га	Вид біопалива	Вихід біопалива з 1 га, т/га (тис.м <sup>3</sup> /га)	Вихід умовного палива, т у.п./га	Вихід енергії, ГДж/га
<b>Цукрові буряки:</b>					
коренеплоди	60	біоетанол	4,32	3,69	108,0
гичка	30	біогаз 60% CH <sub>3</sub>	3,06	2,28	66,7
<b>Кормові буряки:</b>					
коренеплоди	90	біоетанол	3,33	2,84	83,3
гичка	25	біогаз 60% CH <sub>3</sub>	2,55	1,90	55,6
<b>Картопля (бульби)</b>	25	біоетанол	2,20	1,88	55,0
<b>Кукурудза:</b>					
зерно	8	біоетанол	2,57	2,19	64,2
стебла (СР-83%)	18	біогаз 60% CH <sub>3</sub>	6,89	5,13	150,3
<b>Пшениця:</b>					
зерно	5	біоетанол	1,53	1,30	38,1
солома	5	гранули	5,00	2,56	75,0
<b>Ріпак:</b>					
зерно	5	біодизель	1,75	2,22	65,1
солома	5	гранули	5,00	2,90	85,0
<b>Цукрове сорго:</b>					
сік	50	біоетанол	4,50	3,84	112,5
суха маса	25	гранули	25,00	14,50	425,0
стебла (СР-83%)	35	біогаз 60% CH <sub>3</sub>	13,30	9,89	289,9
<b>Міскантус</b>	20	гранули	20,00	11,60	340,0
<b>Свічграс</b>	15	гранули	15,00	87,00	255,0

Таблиця 3.

Ефективність застосування паливних гранул (пелет)

Енергоносії	Ціна, грн/тис.м <sup>3</sup> (грн/т)	Теплотворна здатність, МДж/м <sup>3</sup> (МДж/кг)	Вартість тепла, грн	
			1 ГДж	1 ГКалл
Природний газ	4687,4*	35	133,9	560,8
Паливні гранули	960	17	56,5	236,5




## Найбільше значення серед поновлюваних енергоресурсів має біомаса:

- ▶ **вуглецевовмісна** (рослинність, тріски, тирса, морські водорості, зерно, папір, пакувальна тара)
- ▶ **цукроносна** (цукрові буряки, цукрова тростина, очерет, сорго), що з давніх-давен використовується людством і дотепер залишається джерелом енергії на більшій частині планети.

До енергетично-привабливих рослин європейської ґрунтово-кліматичної зони відносять наступні :


- 1) однорідні з високим умістом цукрів і крохмалю (цукрові буряки, зернові колосові, кукурудза, картопля) для промислового виробництва біоетанолу;
- 2) олійні культури (ріпак, соняшник, соя, льон олійний), з яких отримують олію та біодизель;
- 3) багаторічні трав'янисті рослини (міскантус великий або тростина, міжвидовий гібрид щавлю – румекс, просо прутовидне, топінамбур, горець сахалінський.)

- 
- Для цього найбільш перспективно й економічно обґрунтовано вирощувати наступні види енергетичних культур : кукурудза, тритикале, пшениця, різні види сорго та проса, цукрові буряки та продукти їх переробки (меляса), соняшник, ріпак, картопля, відходи сільського та лісового господарства, міскантус, тополя, енергетична верба, стебла і лузга соняшника.
  - *З біосеровини отримують рідке, газоподібне і тверде паливо:*
    - ❑ для виробництва біоетанолу – зернові культури, насамперед зерно кукурудзи, цукрові буряки та картоплю;
    - ❑ біодизельного палива – насіння олійних культур, зокрема ріпаку, соняшнику, сої.





**Рис. 1.** Цукрові буряки



**Енергетична верба** – один з варіантів біомаси, як відновлювальної енергії, котрий допоможе замінити газ, ще й дасть можливість заробляти фермерам, котрі будуть займатися цією культурою.

- В Європі і в Україні вирощують енергетичну сировину на основі плантацій енергетичної верби. Цей вид верби (енергетична) має здатність зростати надзвичайно швидким темпом. Збір сировини (зрізання стовбурців) проводять вже з першого року. Хоча є варіанти отримувати біомасу з такої плантації один раз в два або три роки.
- Врожайність (отримана маса зрізаних галузок) коливається від 10 до 30 т з одного га за рік, а це перевищує вихід деревини із традиційних лісових насаджень у 14 разів.

## Як енергетична верба впливає на екологію і довкілля?

- Один гектар плантації енергетичної верби поглинає з повітря понад 200 тон  $\text{CO}_2$  за 3 роки.
- Збагачує ґрунти мінералами та мікроелементами, поживними речовинами природного походження.
- Плантації енергетичної верби є природними фільтрами для видалення відходів агропромислового виробництва, застосовуються як буферні зони в місцях накопичення біологічних відходів фермерських господарств.
- Енергетична верба є природним фільтром для очищення ґрунтів від пестицидів.



**Рис. 2.** Енергетична верба в розсаднику Ялтушківської ДСС (фото О.М.Ганженка).



**Міскантус** — швидкоростуча енергетична культура, багаторічна трава, яка вважається однією із енергетичних рослин європейської кліматичної зони.


- Міскантус – багаторічну «слонову траву» можна скошувати щороку, але вона ж у наступний рік знову виросте на висоту 5 метрів. Два кг сухої маси цієї трави дають стільки ж тепла, як і 1 кг вугілля, а з 1 га можна збирати щорічно по 20 тонн сухої маси, і так протягом 20 років підряд на тому самому місці.

Целюлозу цих рослин, так само як і деревних енергетичних рослин, можна використовувати на виробництво біоетанолу.

- Залучення біомаси, спеціально вирощеної на землях, які нині не використовують (землі, що піддалися радіоактивному забрудненню або використовують в Україні неефективно, є одним з пріоритетних напрямів).



Рис. 3. Міскантус ( фото М.Я. Гументика)



Світчграс, або просо лозоподібне належить до багаторічних злакових культур. Світчграс може рости на всіх типах ґрунтів, він невимогливий до вмісту вологи та поживних речовин у ґрунті, стійкий до шкідників та хвороб. Корінь світчграсу добре розвинений та може сягати до 2 м у глибину.

➤ Є посухостійкою культурою, добре переносить спеку в літні місяці. Багаторічна трав'яниста рослина може рости на одному місці протягом 10-15 років. За низької собівартості та малих ризиках при вирощуванні культура не вимагає великих затрат на створення плантацій та догляд, даючи при цьому високі врожаї біомаси.





Рис.4. Свічграс на дослідних ділянках Ялтушківської ДСС (фото О.М.Ганженка)

Таблиця 1.

Збір етанолу з різних сільськогосподарських культур.

Культури	Врожайність, ц/га	Збір етанолу, л/га
Цукрові буряки	574	5600
Кормові буряки	985	4923
Топінамбур	300	2610
Цикорій	350	3248
Картопля	324	3693
Кукурудза на зерно	69	2874
Пшениця	72	2854
Ячмінь	58	2150

**Таблиця 2.**

Прогнозні показники виробництва цукру, біоетанолу і біогазу з цукрових буряків за оптимістичним варіантом на період до 2020 року.

Показники	2015 р.	2020 р.
Виробництво цукру, тис. т	2730	3020
у т.ч. на експорт, тис. т	735	899
Виробництво біоетанолу, тис. т	330	1196
у т.ч. на експорт, тис. т	-	844
Загальна площа цукрових буряків. тис. га	563	726
Урожайність цукрових буряків, т/га	40	50
Валовий збір, тис. т	22520	36300
Виробництво біогазу, млн.м3	511,7	842,4
Виробництво тепла з біогазу, млн. Гвт	1,43	2,36
Виробництво електроенергії (альтернатива), млн. Гвт	0,97	1,6

Таблиця 3.

Прогнозні показники виробництва цукру, біоетанолу і біогазу з цукрових буряків за песимістичним варіантом на період до 2020 року.


Показники	2015 р.	2020 р.
Виробництво цукру, тис. т	2 218	2 569
у т.ч. на експорт, тис. т	300	520
Обсяг переробки сировини на цукор, тис. т (96%)	16 747	19 397
Закупки сировини, тис. т	17 445	20 205
Урожайність, т/га	40	50
Посівна площа цукрових буряків на цукор, тис. га	428	396
Виробництво меляси, тис. т (4%)	670	776
Виробництво біоетанолу з меляси, тис. т (1т=3,4т меляси)	197	228
Потреба в біоетанолі для внутрішнього споживання, тис. т	330	380
Дефіцит біоетанолу, тис. т	133	152
Валовий збір цукрових буряків для переробки на біоетанол, тис. т	1 924	2 199
Необхідний обсяг переробки цукрових буряків на біоетанол, тис. т	1 847	2 111
Площа посіву на біоетанол, тис. га	53	48
Загальна площа посіву, тис. га	481	444
Загальний валовий збір, тис. т	19 369	22 405
Вихід пресованого жому, тис. т	4 425	5 119
Виробництво біогазу (100м <sup>3</sup> з 1 т), млн.м <sup>3</sup>	442,5	511,9
Виробництво тепла з біогазу, (2,8 вт з 1 м <sup>3</sup> ), Гвт	1 240	1 430
Виробництво електроенергії, (1,9 вт з 1 м <sup>3</sup> ), Гвт	840	970

# Біопаливо – користь чи шкода?

**Біопаливо** – це паливо з рослинної або тваринної сировини, з продуктів життєдіяльності організмів або органічних промислових відходів.

- ▶ Є рідке біопаливо (для двигунів внутрішнього згоряння, наприклад, етанол, метанол, біодизель), тверде біопаливо (дрова, брикети, паливні гранули, тріска, солома, лузга) і газоподібне (синтез-газ, біогаз, водень).
- ▶ Газоподібне паливо - різні газові суміші з чадним газом, метаном, воднем одержувані при термічному розкладанні сировини в присутності кисню (газифікація), без кисню (піроліз) або при зброджуванні під впливом бактерій.

Збільшення обсягів використання біопалива в світі відбувається досить швидко, що обумовлено зростанням розумінням світовим співтовариством необхідності заміни натурального палива альтернативним з метою мінімізації шкідливого впливу на навколишнє середовище і вирішення проблем зміни клімату.



Основне припущення на користь біопалива полягало в тому, що рослини поглинають стільки вуглекислого газу при вирощуванні, скільки вони випустять при згоранні в двигуні. Якщо ви використовуєте їх як паливо, їх сумарний вплив на клімат близький до нуля, за винятком викидів сільськогосподарської техніки і добрив.

Проте це припущення не бере до уваги відносно нову концепцію, яку вчені називають «непряма зміна використання землі». Підвищений попит на біопаливо означає, що необхідна величезна кількість землі. Задоволення попиту лише в ЄС потребуватиме додаткових 4,5 млн га землі до 2020 р. - це площа, що приблизно дорівнює розміру Данії.

## Розглянемо коротко користь і шкоду використання біодизеля, біоетанолу та біогазу

**Біодизель**, отриманий з рослинних масел є більш безпечним, ніж звичайне дизельне паливо. Біодизель при потраплянні у воду не заподіює шкоди рослинам і тваринам. Він піддається практично повному біологічному розпаду: у ґрунті або в воді.

Проте біодизель сильно роз'їдає гуму, тому виникає необхідність у заміні гумових паливних трубок і сальників із прокладками на силіконі. Потужність двигуна під час роботи в номінальному режимі з використанням біодизеля знижується на 6-8%. Біодизель має недостатню стійкість до низьких температур.



Із рідких видів біопалива найпоширенішим є біоетанол.

**Біоетанол** - один з найбільш екологічно чистих видів палива. Однак недоліком є те , що спиртовмісне паливо має гігроскопічні властивості, тому його довго зберігати не можна.

Наступним перспективним напрямом у біоенергетиці є використання як палива **біогазу**.

Біологічне паливо, отримане в результаті переробки гною домашніх тварин. Крім гною, для отримання біогазу можна використовувати всі види рослинних решток, відходи цукрової промисловості, харчові відходи.

Виробництво біогазу приносить потрібну користь : утилізація відходів, одержання енергії і добрив.





*Ось які біоенергетичні рослини (міскантус) вирощують на дослідних ділянках Житомирського НАУ. (в центрі - зав. кафедрою В.О. Зінченко).*

Таблиця 1

Ступінь розвитку рослин сорго в чистих і сумісних посівах, фаза молочно-воскової стиглості (Советська сортодільниця АР Крим, 2007-2009 рр.)

№ п/п	Варіант	Висота рослин, см	Маса однієї рослини, листового апарату (у буряків цукрових), г	Вміст у зеленій масі волоті, %	Площа листової поверхні, тис. м <sup>2</sup> /га
1	Сорго - норми висіву 10-12 кг/га (контроль)	250,6	316,3	40,2	61,9
2	Те, що і 1 вар., але норма висіву 12-15 кг/га	258,4	297,4	43,4	63,8
3	Те, що і 1 вар., але + цукрові буряки	248,6 33,5	306,8 54,3	37,3	0,26
4	Те, що і 2 вар., але + цукрові буряки	251,2 35,5*	294,3 87,6	40,6	65,9
НІР <sub>05</sub>		28,4	16,8	-	4,1

\*) показники по цукрових буряках.

Таблиця 2

Продуктивність сорго в чистих і сумісних посівах,  
фаза молочно-воскової стиглості.

Місце вирощування, роки	Спосіб вирощування	Зелена маса, т/га	В тому числі, %		Сухої речовини, %	Загальна цукристість, %
			основна культура	сумісна		
Кримська дослідна станція тютюництва (1989-1994)	Сорго	35,7	100	-	22,3	14,5
	Сорго+ буряки	37,8	100	6	24,5	15,7
КСП "Победа" Советського району АР Крим (1996-1998)	Сорго	40,5	100	-	21,2	14,3
	Сорго+ буряки	43,4	100	7	21,8	15,0
Советська сортоділяниця АР Крим (2007-2009)	Сорго	40,4	100	-	21,3	14,3
	Сорго+ буряки	43,5	100	7,6	21,5	14,8
	Сорго - норма висіву 10-12 кг/га	47,1	100	-	21,7	14,2
	Сорго - 12-15 кг/га	50,3	100	-	24,1	14,7
	Сорго - норма висіву 10-12 кг/га + буряки	53,8	100	6,8	22,0	14,8
	Сорго - 12-15 кг/га + буряки	55,1	100	7,3	24,7	15,2
НІР <sub>05</sub> для 2007-2009 рр.		1,5-1,6	-	-	0,25-0,31	0,22-0,27

**Таблиця 1**

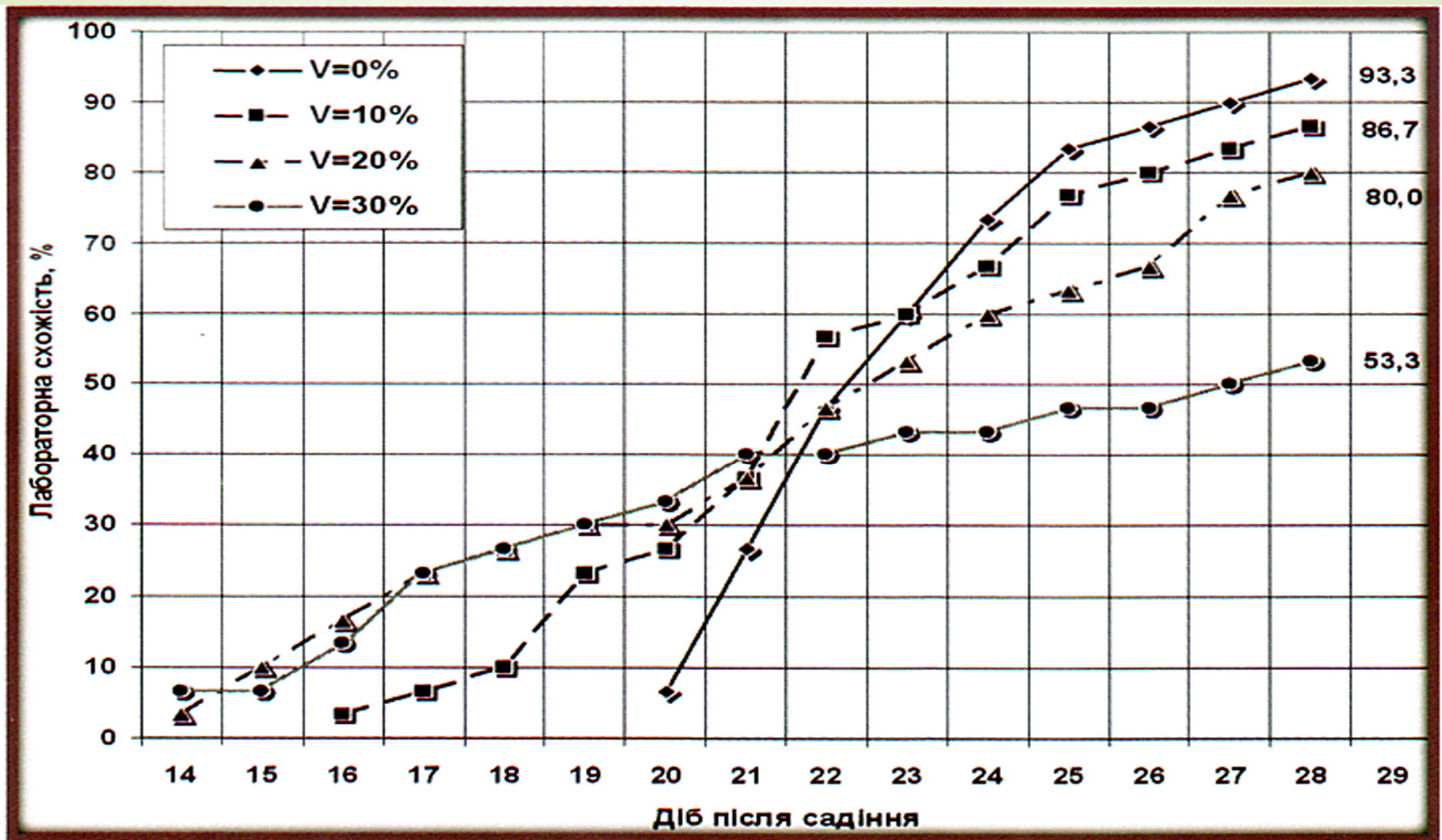
Параметри для генерування випадкових значень глибини садіння

Варіанти	Середнє значення глибини садіння, см	Середньо-квадратичне відхилення
V=0%	9	0
V=10%	9	0,9
V=20%	9	1,8
V=30%	9	2,7

**Таблиця 2**

Умови проведення досліджень

Показники	Значення показників
Тип ґрунту	Сірий лісовий середньо-суглинковий
Структура ґрунту	Дрібногрудкувата
Рельєф	0°
Глибина розпушення, см	15
Твердість ґрунту, МПа, у шарі 0...5 см 5...10 см 10...15 см	0,08 0,16 0,22
Вологість ґрунту, %	24
Діаметр ризомів, мм	9,3
Довжина ризомів, мм	100
Вага ризомів, г	6,4



**Рис. 1** Динаміка проростання міскантусу залежно від коефіцієнта варіації глибини садіння ризомів.

**Таблиця 3**

**Характеристика динаміки проростання міскантусу**

Показники	Коефіцієнт варіації глибини садіння, %			
	0	10	20	30
Лабораторна схожість, % (NIP0,05=15,6%)	93,3	86,7	80,0	53,3
Середній рівень ряду, %	64,6	47,6	41,5	33,8
Середній абсолютний приріст, %	9,63	6,41	5,11	3,11
Середній темп зростання, %	1,34	1,28	1,24	1,15

**Таблиця 4**

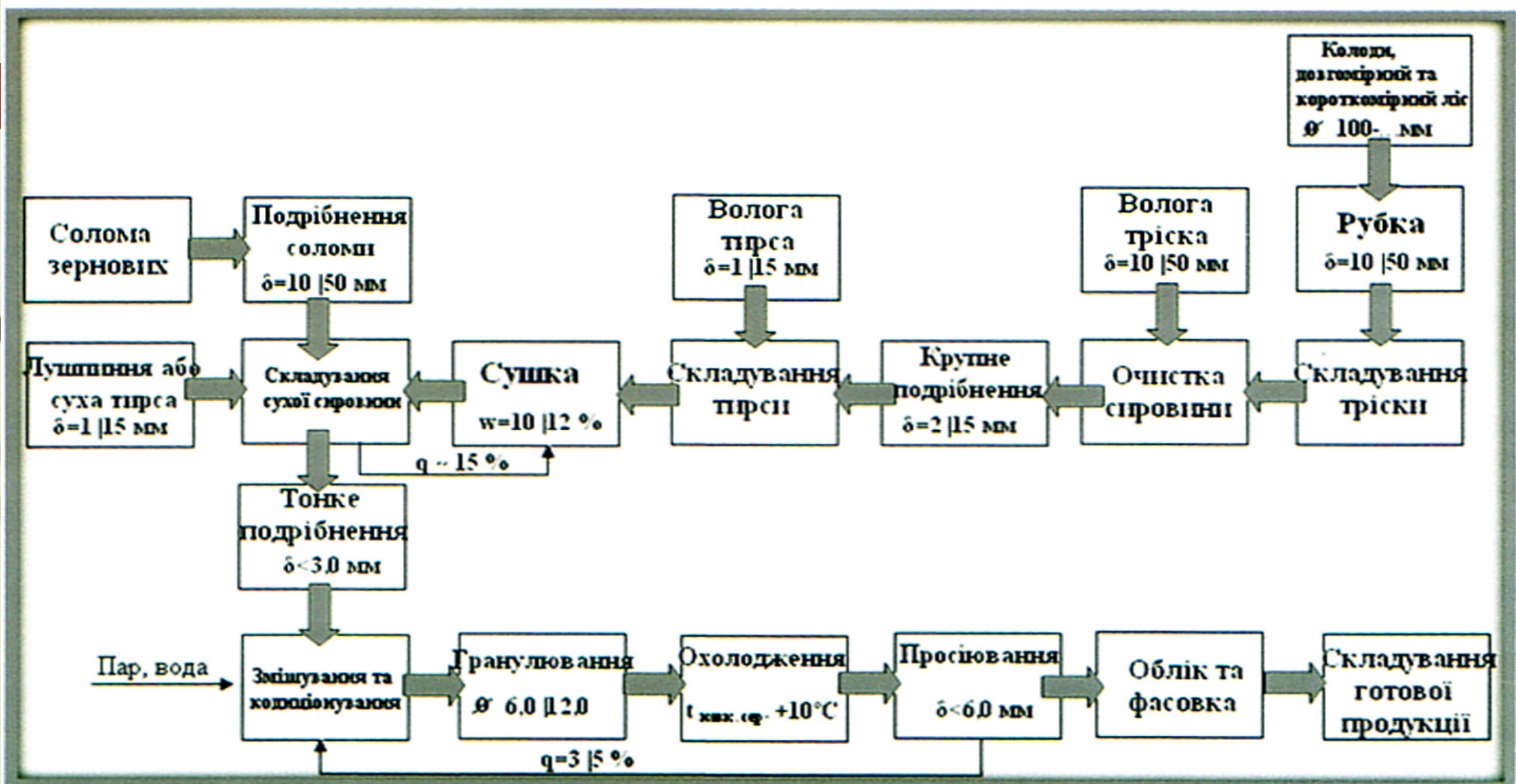
**Показники якості садіння в залежності від типу садильного апарату**

Показники роботи	Тип садильного апарату	
	I	II
Глибина садіння ризомів: Середня значення, мм Середнє квадратичне відхилення, мм Коефіцієнт варіації, %	95,4 10,5 11,0	100,7 9,8 9,7
Відстань між ризомами в ряду: Середня значення, мм Середнє квадратичне відхилення, мм Коефіцієнт варіації, %	365 15 4,1	355 53,1 14,9

Таблиця 1.

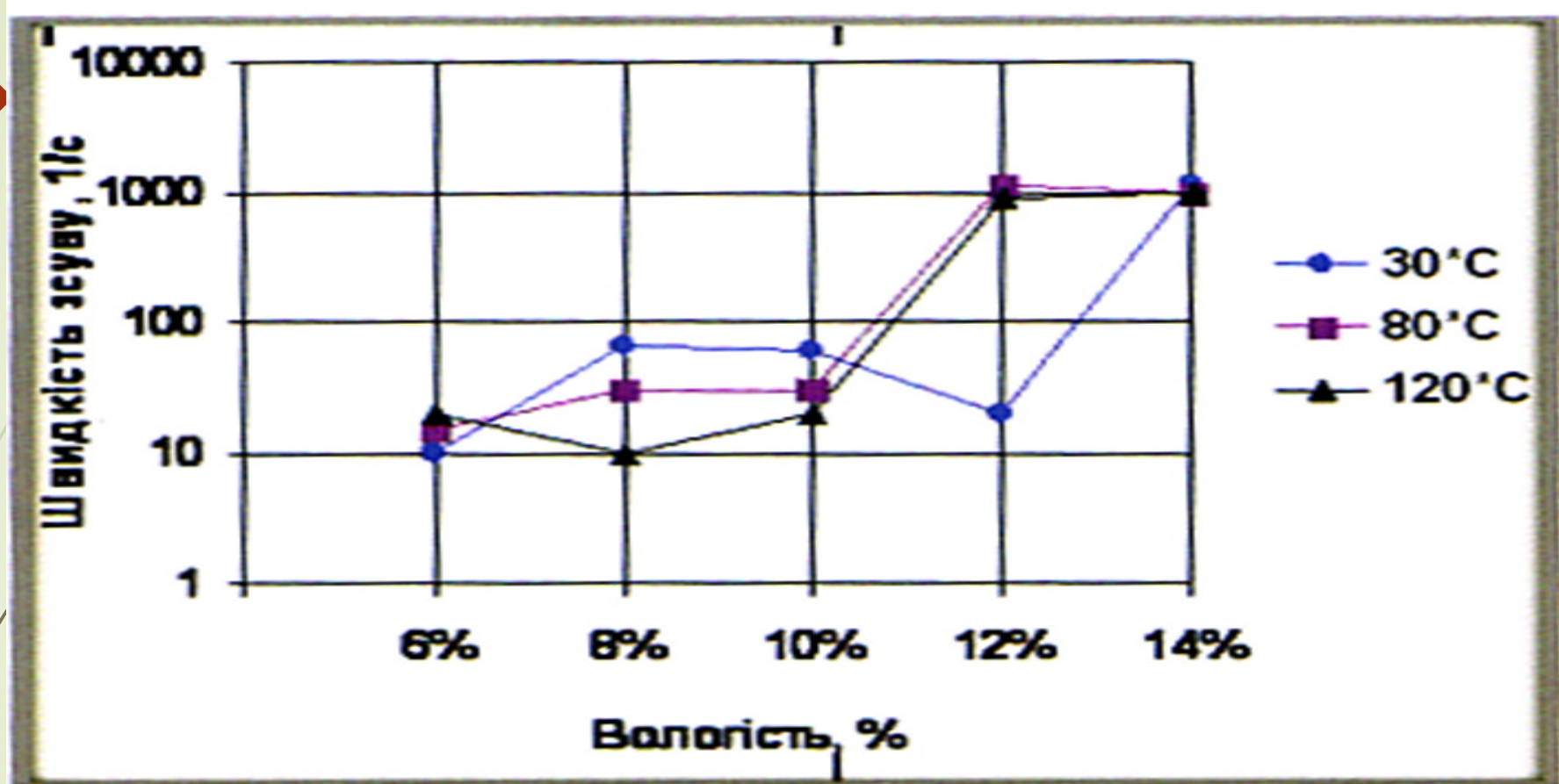
## Порівняльна характеристика різних видів палива

Вид палива	Вологість, Wp %	Теплотворна здатність		Вміст золи, %	Коефіцієнт переводу натурального палива в умовне
		МДж/кг	Ккал/кг		
Природний газ	-	38 МДж/м <sup>3</sup>	8570	0	1,2
Дизельне паливо	-	42,5	9000	1,0	1,4
Мазут		42	8900	1,5	1,4
Кам'яне вугілля	-	25	6060	20	0,86
Кокс, Антрацит		27	6650	20	1
Відходи деревини, щепи	40-45	12,0	2440	2,0	0,40
Стебла та качани кукурудзи	20	12,5	2900	3,0	0,42
Стебла, лушпиння соняшника	20	12,5	2900	3,0	0,42
Солома злакових культур	15	10,5	2700	2,0	0,36
Щепа енергетичної верби	30	14,5	3350	2,0	0,50
Брикети та гранули з соломи	8-10	12,5-14,8	3090 3600	3,0	0,50
Брикети та гранули енергетичних культур	10-12	16,5-18,0	4040 4500	1,0	0,64

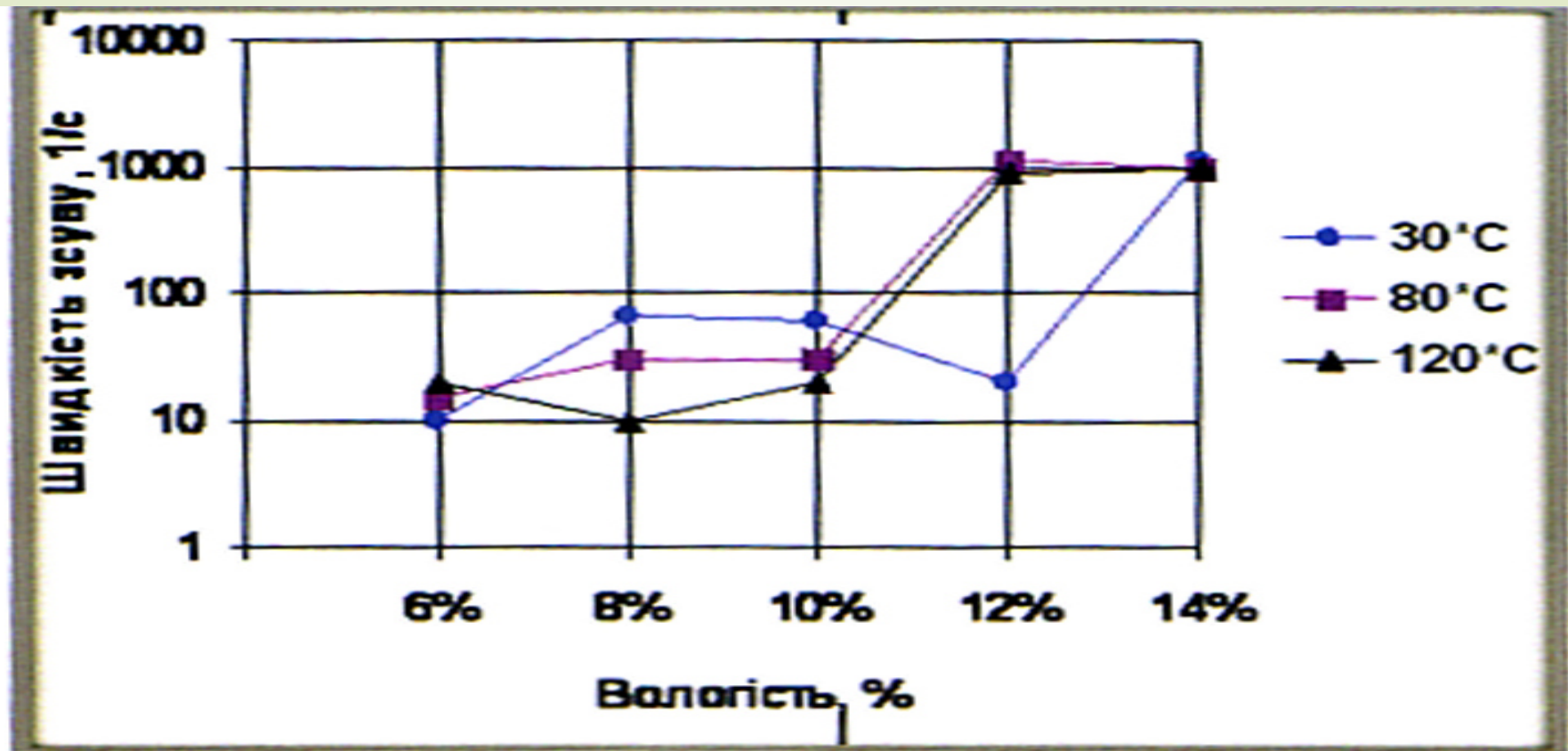


**Рис. 1.** Типовий технологічний процес отримання твердих видів палива у вигляді паливних брикетів та гранул.

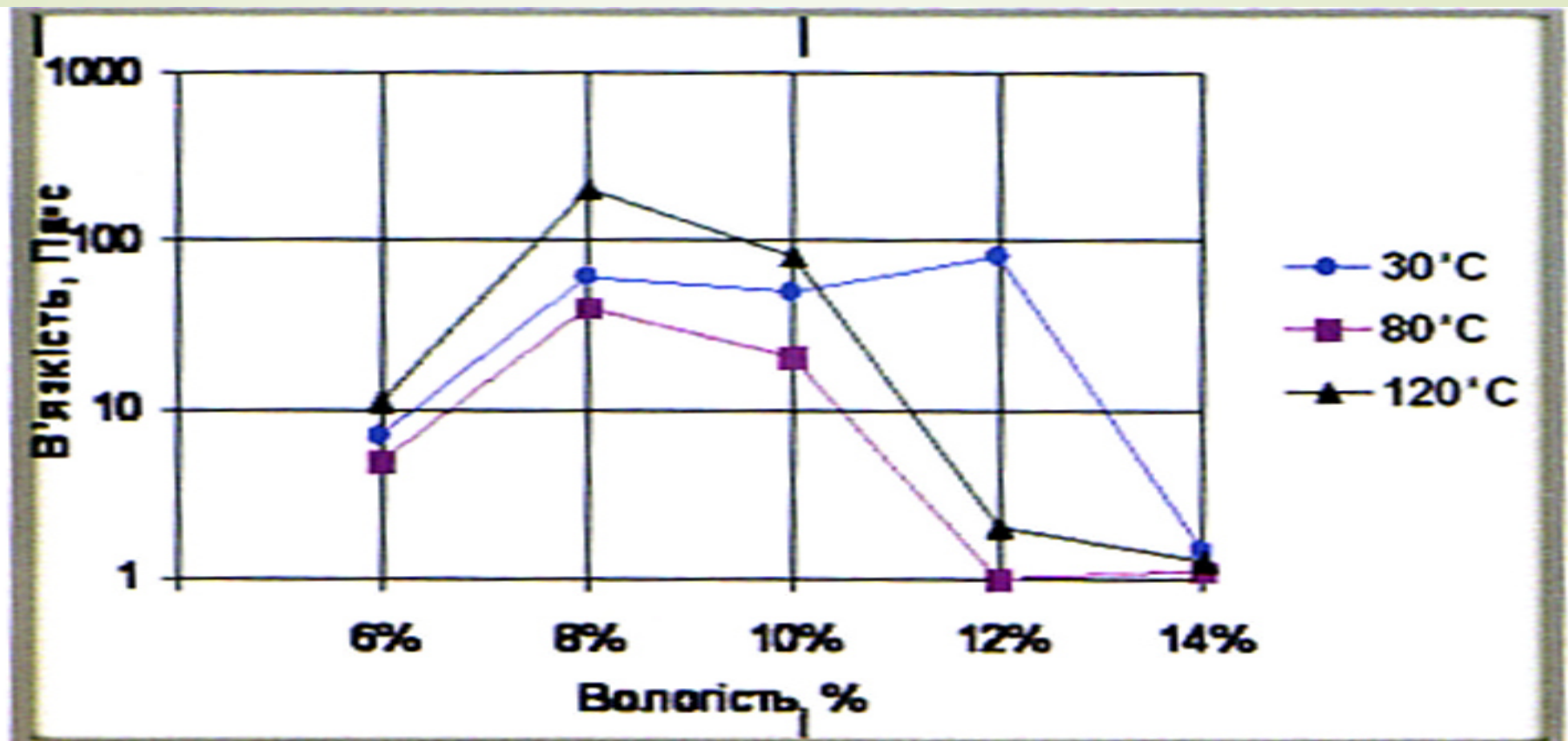




**Рис. 8.** Залежність зміни швидкості зсуву при різній вологості та температурі сировини



**Рис. 9.** Залежність зміни напружен-  
ня зсуву при різній вологості та тем-  
пературі сировини



**Рис. 10.** Залежність зміни динамічної в'язкості при різній вологості та температурі сировини