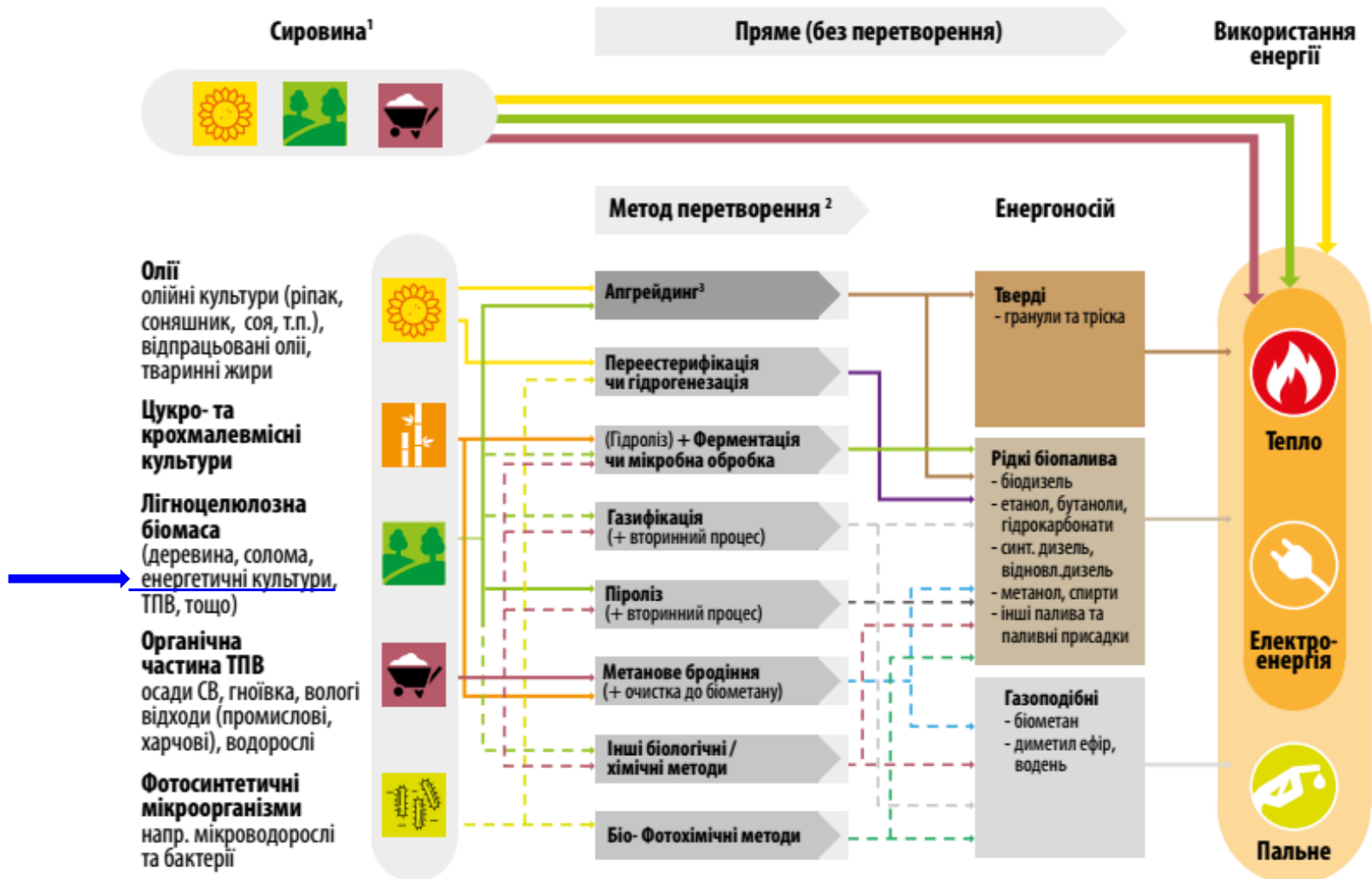


Семінар в рамках проекту FORBIO «Енергетичні культури від вирощування до використання. Зарубіжний і вітчизняний досвід»
21 лютого 2018 р., Київ

Перспективи використання біомаси енергетичних культур для виробництва енергії в Україні

Желєзна Т.А., к.т.н.
БАУ, НТЦ «Біомаса»

Методи конверсії енергії біомаси



Примітка: суцільні лінії представляють комерційні технології, пунктирні – технології, що розвиваються.

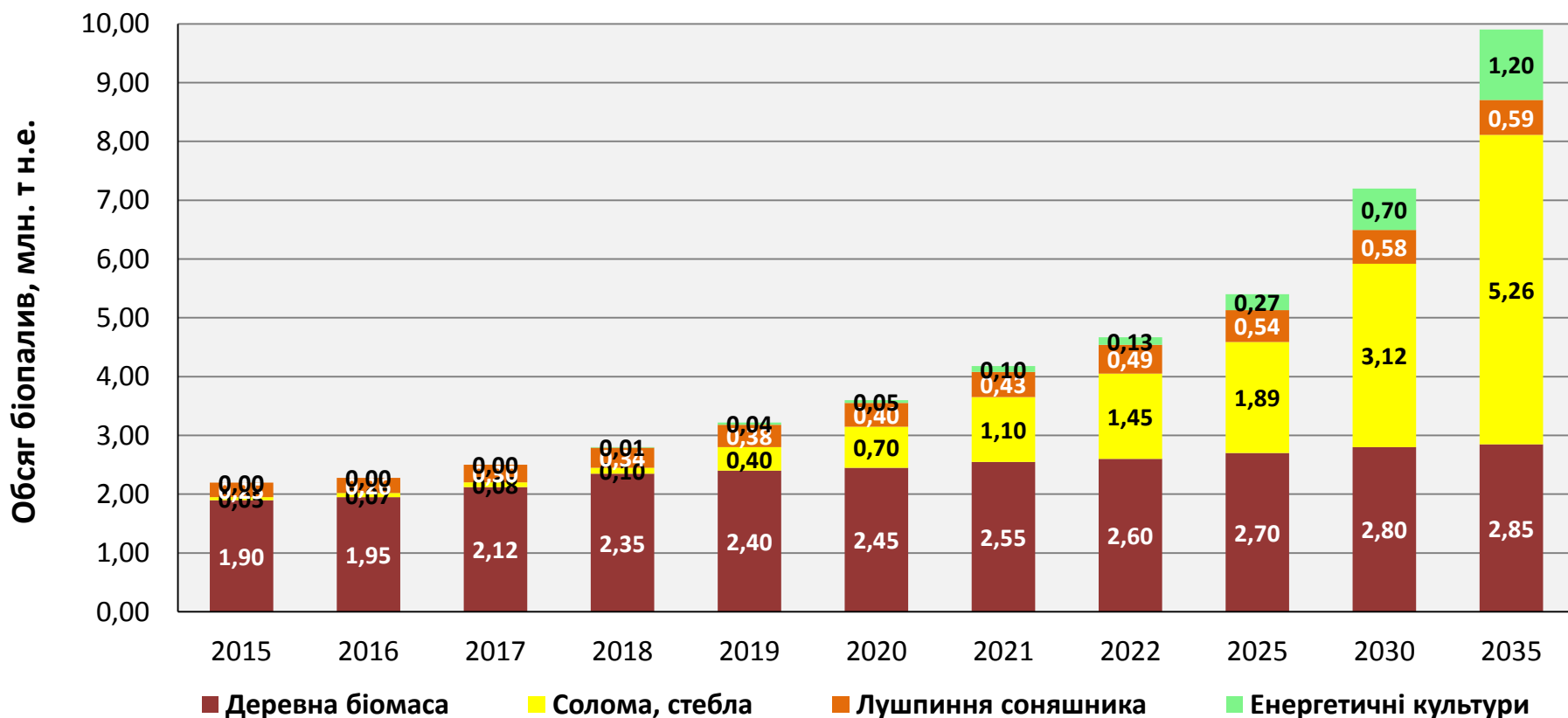
1 - частини кожного виду вихідного матеріалу, напр., залишки рослин, також можуть бути використані в інших методах; 2 - кожен метод приводить до утворення побічних продуктів; 3 - апгрейдинг біомаси включає в себе будь-який метод ущільнення енергії (гранулювання, піроліз, торрефікація тощо).

Структура загального постачання первинної енергії України згідно Енергетичної стратегії України до 2035 року

Найменування джерел	2015 (факт)	2020 (прогноз)	2025 (прогноз)	2030 (прогноз)	2035 (прогноз)
Вугілля	27,3	18	14	13	12
Природний газ	26,1	24,3	27	28	29
Нафтопродукти	10,5	9,5	8	7,5	7
Атомна енергія	23	24	28	27	24
Біомаса, біопаливо та відходи	2,1	4	6	8	11
Сонячна та вітрова енергія	0,1	1	2	5	10
ГЕС	0,5	1	1	1	1
Термальна енергія	0,5	0,5	1	1,5	2
ВСЬОГО, <u>млн. т н.е.</u>	90,1	82,3	87	91	96

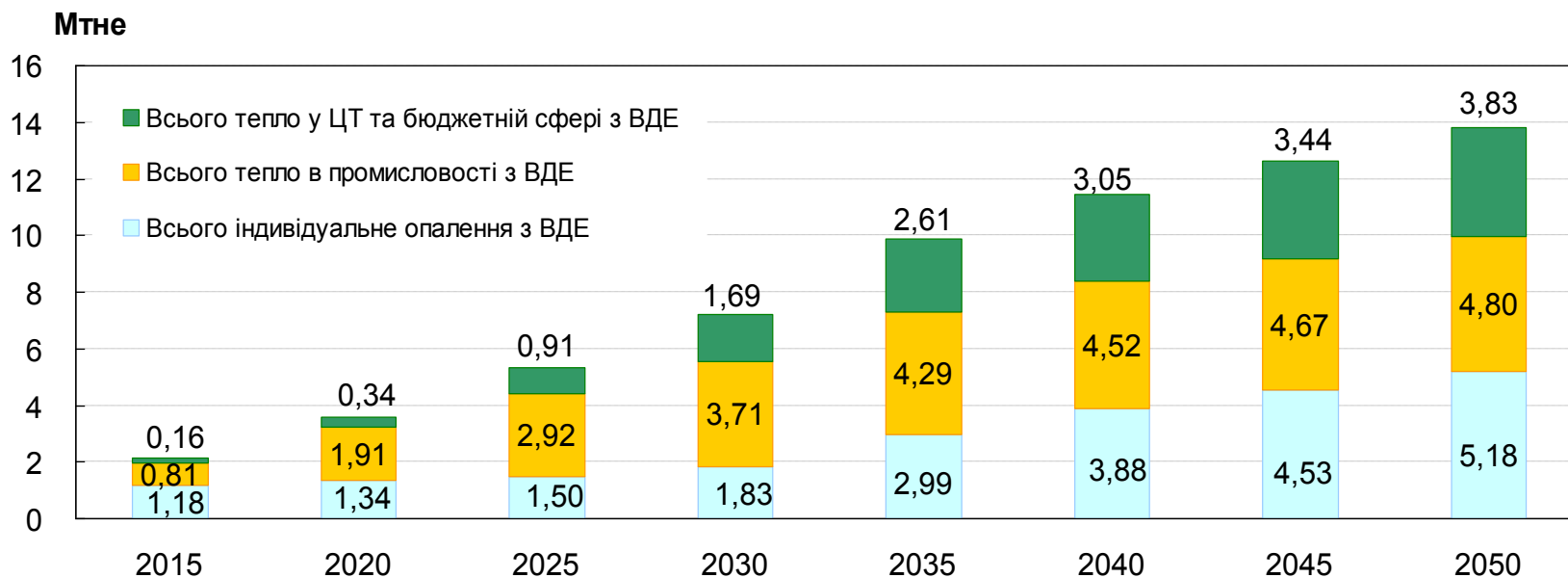
http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245234085&cat_id=35109

Оцінка загального обсягу та структури споживання твердих біопалив в Україні (90% від усіх біопалив і відходів)

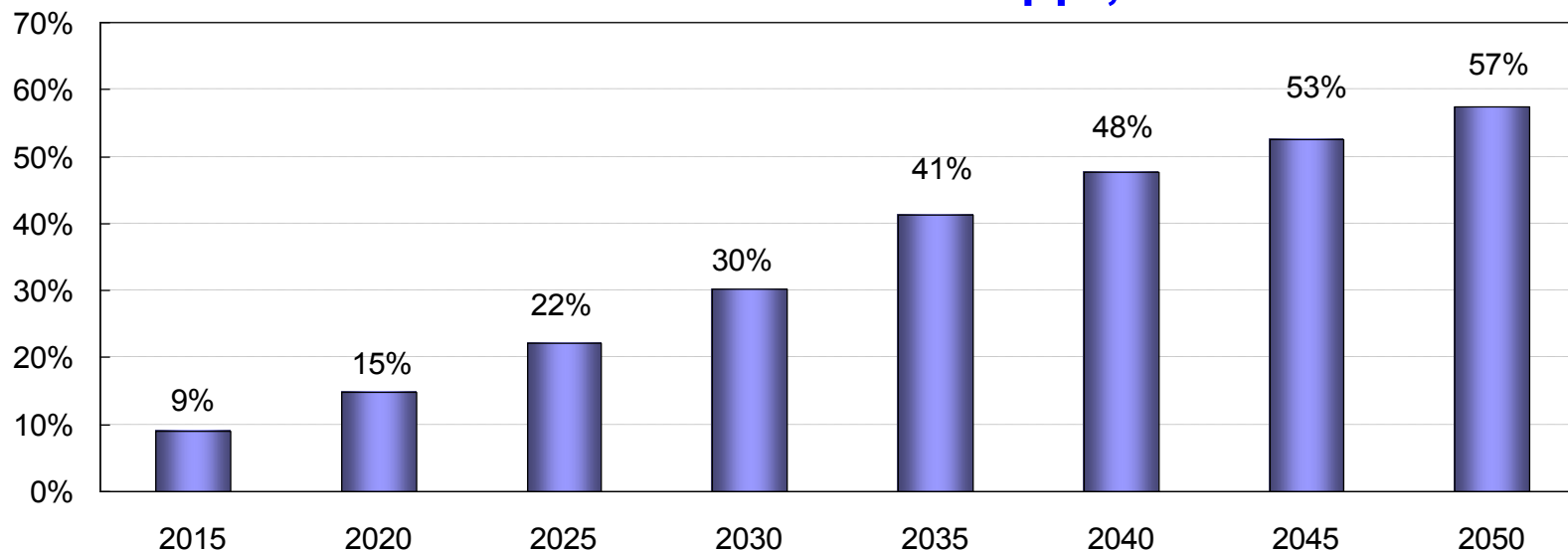


Вид біомаси	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035
Деревна біомаса	1,90	1,95	2,12	2,35	2,40	2,45	2,55	2,60	2,70	2,80	2,85
Солома, стебла	0,05	0,07	0,08	0,10	0,40	0,70	1,10	1,45	1,89	3,12	5,26
Лушпиння соняшника	0,25	0,26	0,30	0,34	0,38	0,40	0,43	0,49	0,54	0,58	0,59
Енергетичні культури	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,05	0,10	0,13	0,27	0,70	1,20
Всього, <u>млн. т н.е.</u>	2,20	2,28	2,50	2,80	3,22	3,60	4,18	4,67	5,40	7,20	9,90

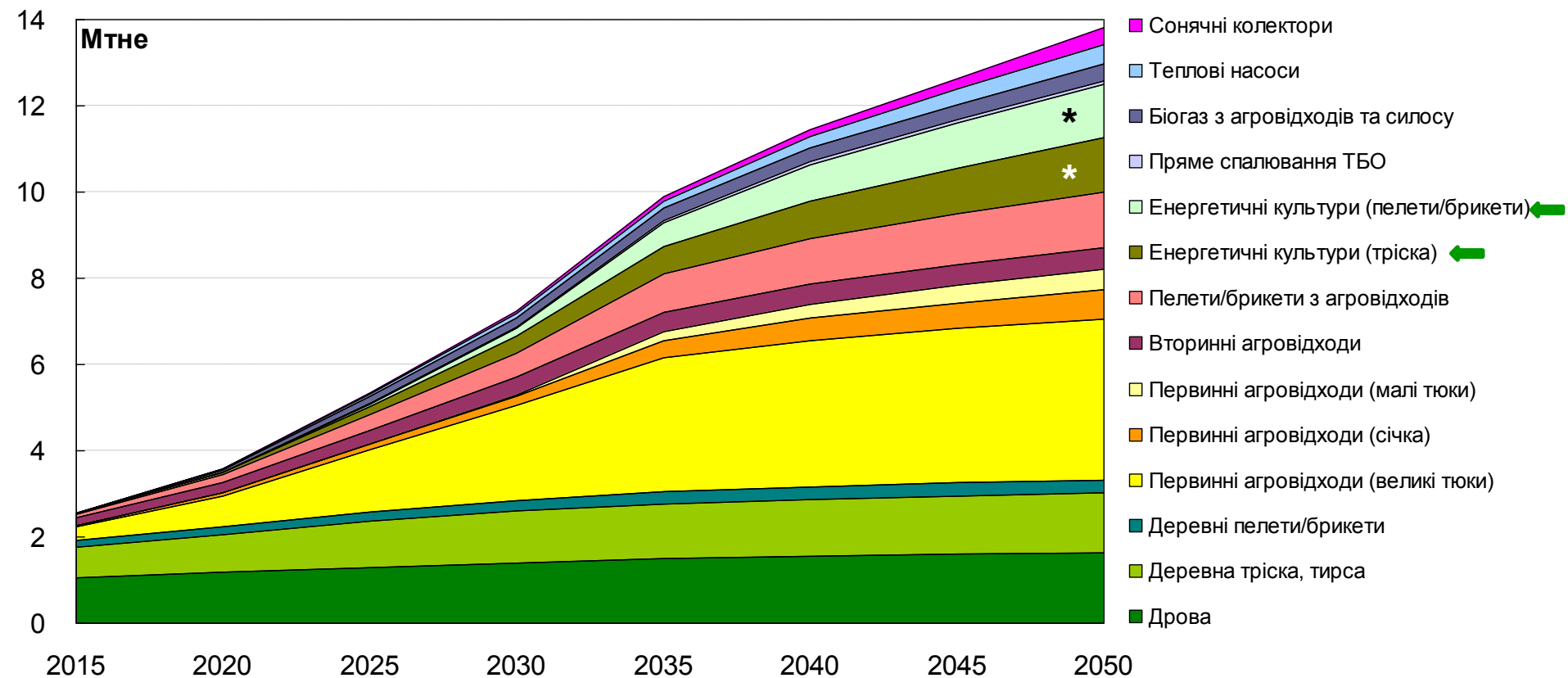
Загальне виробництво теплової енергії з ВДЕ, 2015-2050 рр.



Частка тепла з ВДЕ, %



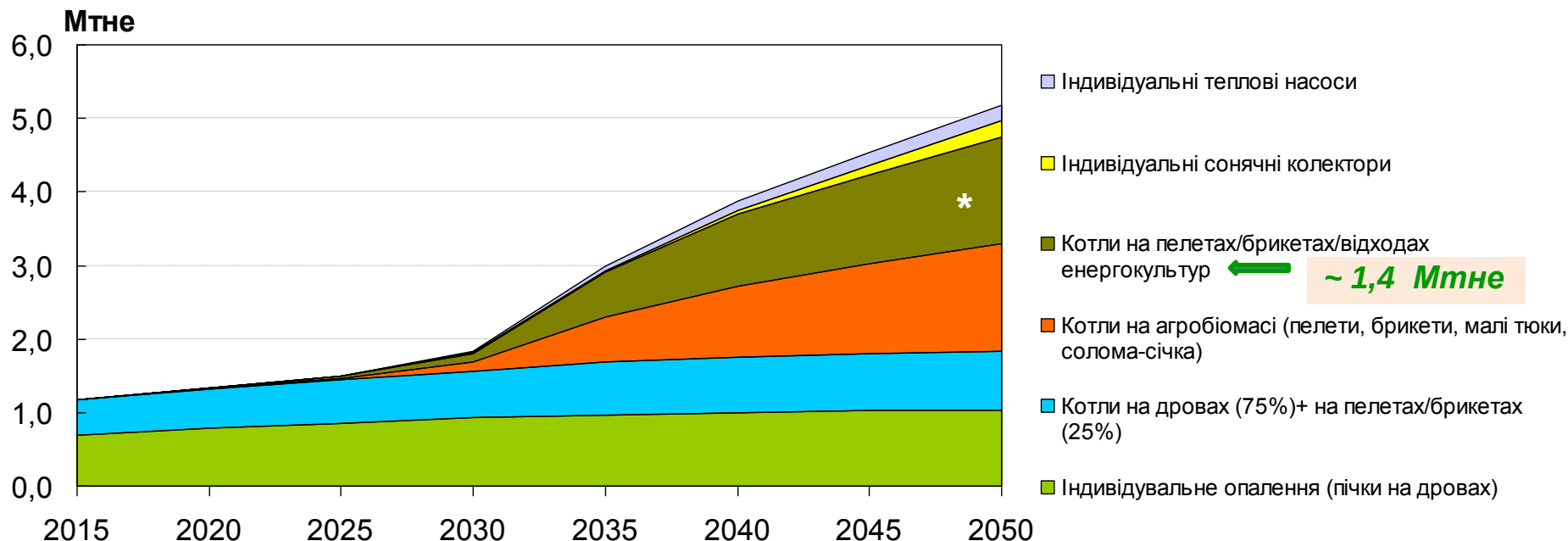
Виробництво тепла з ВДЕ за видами



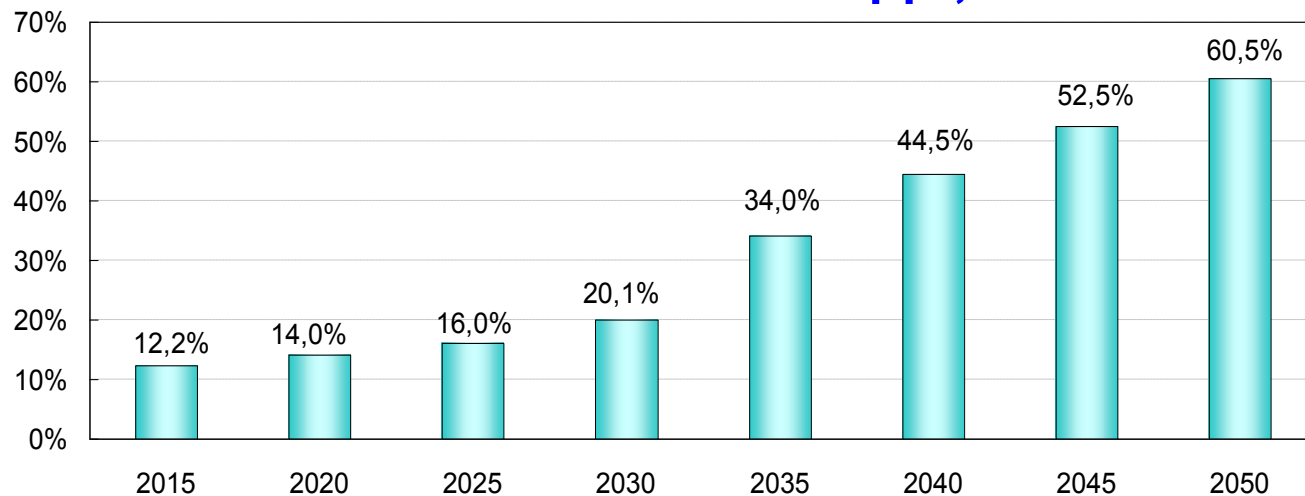
Загальна частка використання “недеревної” біомаси з усіх ВДЕ складає **60%** у 2035 р., **75%** у 2050 р.

Внесок енергетичних культур (тверде біопаливо): ~ 2,4 млн. т н.е. у 2050 р.

Тепло з ВДЕ – індивідуальне опалення, 2015-2050 рр.

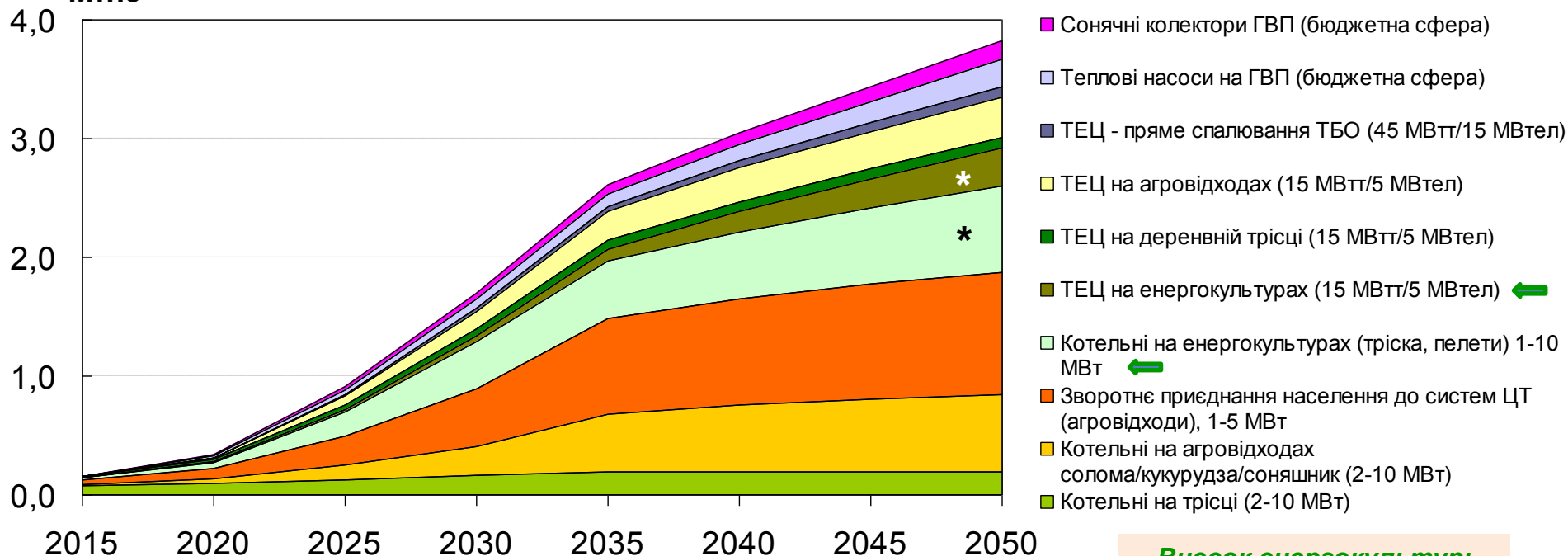


Частка тепла з ВДЕ, %

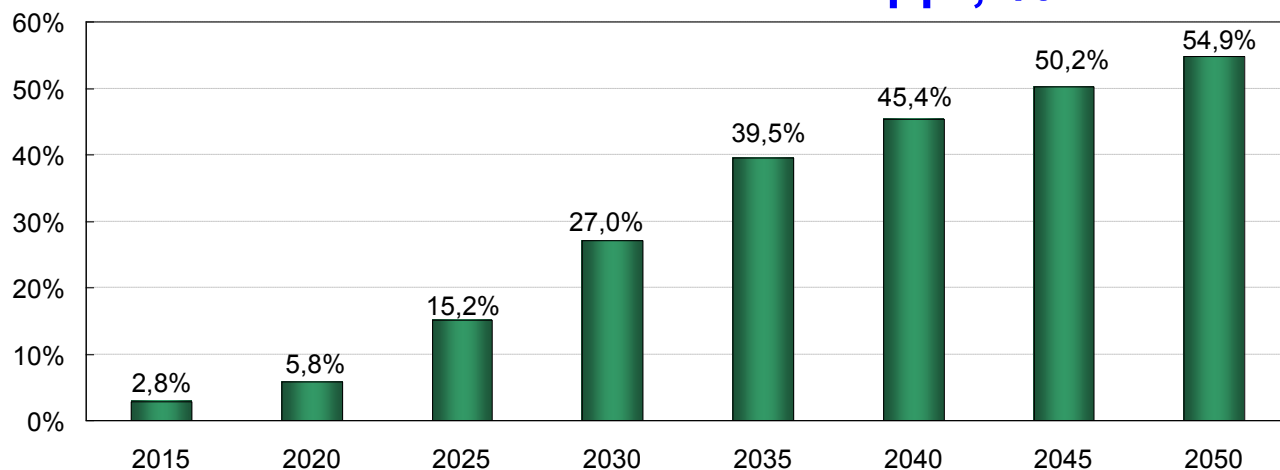


Тепло з ВДЕ у ЦТ та бюджетній сфері, 2015-2050 рр.

Мтне



Частка тепла з ВДЕ, %

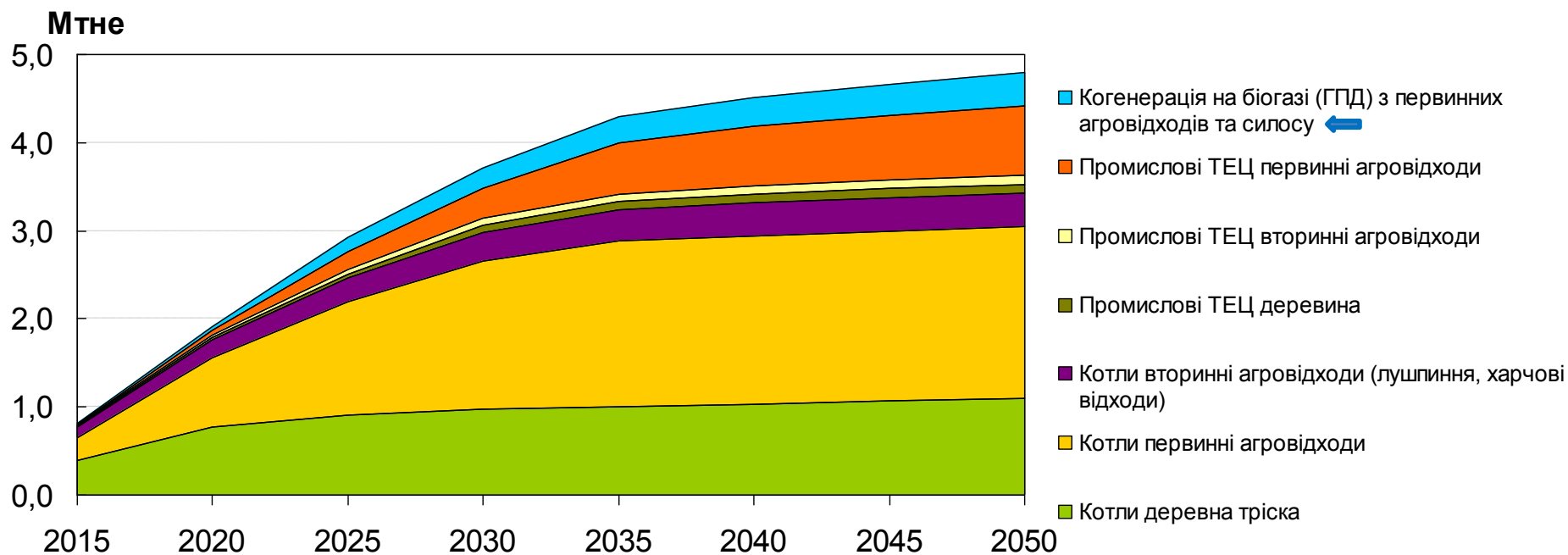


Внесок енергокультур:
~ 1,0 млн. т н.е. у 2050

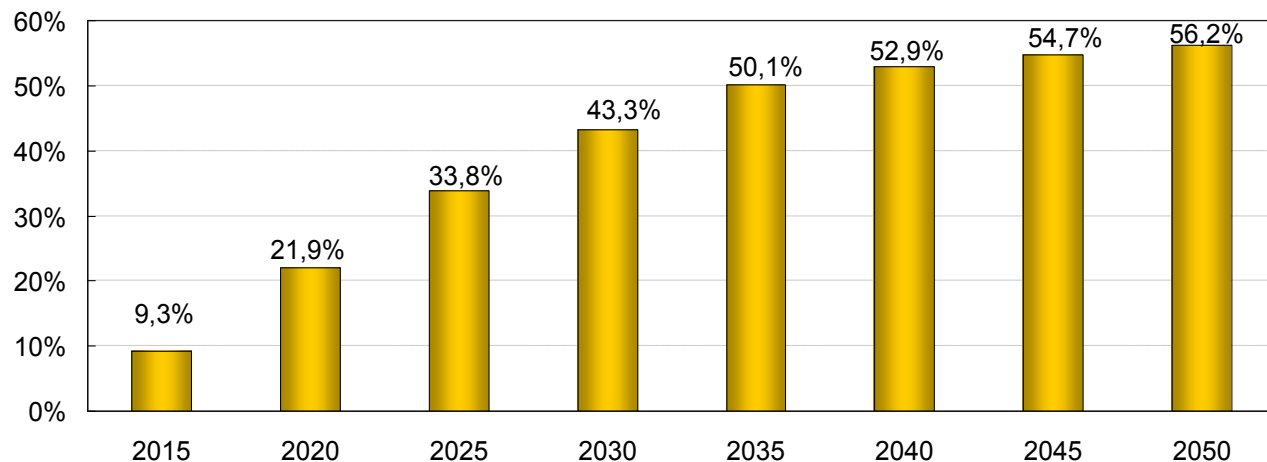
3.8 Мтне



Тепло з ВДЕ у промисловості, 2015-2050 рр.



Частка тепла з ВДЕ, %



Загальний прогноз розвитку ВДЕ у секторі теплопостачання України, 2015-2050 рр.

Рік	МВт тепла	МВт електро	Мт н.е.	Заміщення ПГ, млрд. м ³	Частка ВДЕ	Скорочення CO ₂ , Мт CO ₂ /рік	Інвестиції, млн. Євро	Робочі місця
2015	4 943	45	2,14	2,6	9,3%	6,17	1 006	12 931
2020	7 080	255	3,59	4,41	14,9%	8,64	1 857	21 918
2025	11 255	820	5,33	6,57	22,2%	12,87	3 809	41 560
2030	16 218	1265	7,23	8,94	30,2%	17,51	5 706	64 425
2035	24 035	1780	9,89	12,22	41,3%	23,95	8 073	96 768
2040	28 748	2085	11,45	14,13	47,7%	27,70	9 421	115 933
2045	32 355	2335	12,64	15,58	52,6%	30,54	10 486	130 690
2050	35 953	2580	13,81	16,98	57,4%	33,29	11 534	145 420

Без залучення масштабного використання агробіомаси і енергетичних культур у всіх секторах теплоенергетики неможливо досягти цілей Енергетичної стратегії України до 2035 р. та забезпечити сталий розвиток біоенергетики у період після 2035 р.

Енергетичний потенціал біомаси в Україні (2016 р.)

Вид біомаси	Теоретичний потенціал, млн. т	Потенціал, доступний для енергетики	
		Частка теоретичного потенціалу, %	млн. т н.е.
Солома зернових культур	36,1	30	3,75
Солома ріпаку	2,1	40	0,29
Побічні продукти виробництва кукурудзи на зерно (стебла, стрижні)	36,5	40	2,79
Побічні продукти вир-ва соняшника (стебла, корзинки)	25,9	40	1,48
Вторинні відходи с/г (лушпиння соняшника)	2,0	86	0,71
Деревна біомаса (дрова, порубкові залишки, відходи деревообробки)	6,6	94	1,55
Деревна біомаса (сухостій, деревина із захисних лісосмуг, відходи ОВБСН)	8,8	44	1,03
Біодизель (з ріпаку)	-	-	0,16
Біоетанол (з кукурудзи і цукрового буряку)	-	-	0,66
Біогаз з відходів та побічної продукції агропромислового комплексу	1,6 млрд. м ³ CH ₄	50	0,68
Біогаз з полігонів твердих побутових відходів	0,6 млрд. м ³ CH ₄	34	0,18
Біогаз зі стічних вод (промислових та комунальних)	1,0 млрд. м ³ CH ₄	23	0,19
Енергетичні культури:			
- верба, тополя, міскантус (1 млн. га*)	11,5	100	4,88
- кукурудза на біогаз (1 млн. га*)	3,0 млрд. м ³ CH ₄	100	2,57
Торф	-	-	0,28
Всього	-	-	21,22

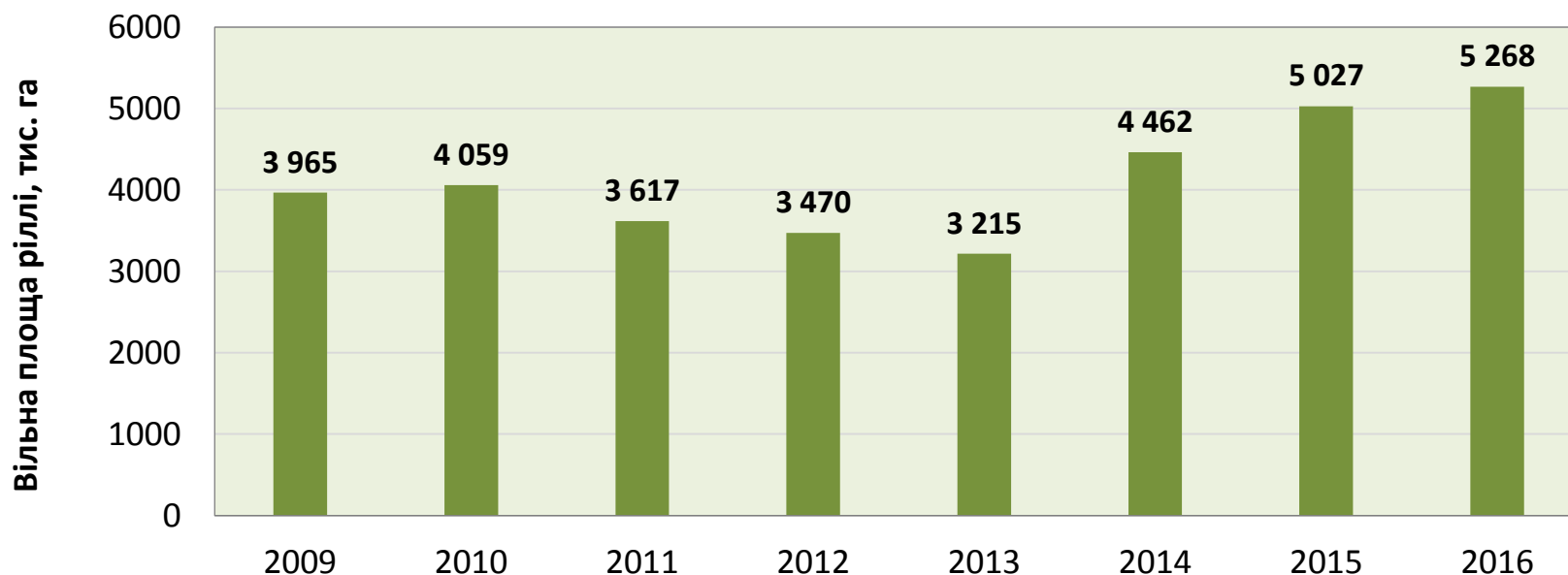
43%

35%

* За умови вирощування на 1 млн. га незадіяних сільськогосподарських земель.

Оцінка площі незадіяних с/г земель в Україні (консервативна)

Площа земель, тис. га	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Рілля	32478	32476	32498	32518	32525	32531	32541	32541
Вся посівна площа	26990	26952	27670	27801	28329	27239	26902	27026
Площа чистих парів	1523	1465	1211	1247	981	830	612	247
Вільна площа ріллі	3965	4059	3617	3470	3215	4462	5027	5268



В Україні щорічно є принаймні **3-5 млн. га** незадіяних с/г земель, які частково можуть бути використані для вирощування енергетичних культур

Концепція вирощування енергетичних культур в Україні

уточнена порівняно з викладеною в Аналітичній Записці БАУ № 10 (2014 р.) відповідно до даних Енергетичної стратегії України до 2035 р.

ПОКАЗНИКИ	2014 р.	2020 р.	2035 р.
Площа під енергокультурами (комерційні плантації), всього, тис. га	3	100	500
Структура площ за культурами, тис. га:			
- верба	2	25	125
- міскантус	~0	15	75
- тополя	~0	10	50
- кукурудза (на біогаз)	1	50	250
Врожай енергокультур (всього), млн. т н.е./рік, у тому числі:	0,012	0,37	1,86
- верба	0,01	0,13	0,65
- міскантус	~0	0,07	0,37
- тополя	~0	0,04	0,21
- кукурудза (на біогаз)	0,002	0,13	0,64
Показники, що використані в концепції			
Розподіл загальної площі під енергокультурами, %			
- верба		25	
- міскантус		15	
- тополя		10	
- кукурудза (на біогаз)		50	
Врожайність*, сух. т/га в рік:			
- верба		12	
- міскантус		12	
- тополя		9,5	
- кукурудза на біогаз (свіжа маса)		30	
Теплота згорання (сухої маси), МДж/кг:			
- верба		18	
- міскантус		17	
- тополя		18,5	
- кукурудза (на біогаз)	100 м ³ CH ₄ /т силосу*; 60% CH ₄ в біогазі		

* Консервативний підхід

Використання енергетичного потенціалу біомаси в Україні

Вид біомаси	Потенціал, доступний для енергетики, Мтне		Використання потенціалу для виробництва енергії, Мтне		Частка використання потенціалу, %	
	2015	2050	2015	2050	2015	2050
Солома зернових	3,65	5,48	0,3	2,99	6,8%	49%
Солома ріпаку	0,43	0,65	Включено до попереднього			
Відходи виробництва кукурудзи на зерно (стебла, стрижні)	2,32	3,48	0,033	2,27	1,2%	65%
Відходи виробництва соняшника (стебла, корзинки)	1,22	1,22	0,132	0,98	11%	80%
Вторинні відходи с/г (лушпиння соняшника)	0,5	0,5	0,178	0,49	36%	100%
Деревна біомаса (дрова, порубкові залишки, відходи деревообробки)	1,39	2,08	1,304	2,08	94%	100%
Деревна біомаса (сухостій, деревина від реконструкції лісосмуг, обрізки плодкових дерев)	1,03	1,03	0,62	1,03	59%	100%
Біогаз з відходів АПК	0,68	2,38	0,003	0,194	0,5%	8%
Біогаз з ТПВ	0,18	0,6	-	0,087	0%	14,5%
Енергетичні культури:						
- Верба, тополя, міскантус (1,5 млн. га у 2015, 3 млн. га у 2050)	6,58	19,74	0,02	2,50	0,2%	13%
- Кукурудза на біогаз (силос) (0,5 млн. га у 2015, 1 млн. га у 2050)	1,29	5,15	0,003	0,194	0,2%	3,8%
<u>ВСЬОГО</u>	20,19	43,42	2,1	13,02	10%	30%

Поточний стан використання вітчизняних сільськогосподарських земель для вирощування культур, призначених для виробництва енергії (дані Держенергоефективності для Енергетичного Співтовариства)

Землекористування	Площа (га)	
	2016 рік	2017 рік
1. Земля, використовувана під загальні культури (пшеницю, цукрові буряки тощо) та олійні культури (рапс, соняшник тощо). (Укажіть основні види)		
Цукрові буряки (*) для виробництва біопалива з меляси (Меляса - побічний продукт переробки цукрових буряків використовується для отримання біоетанолу)	Загальні площі вирощування цукрових буряків - 292,4 тис. га, з них для виробництва біоетанолу - 19,13 тис. га	Загальні площі вирощування цукрових буряків - 318 тис. га, з них для виробництва біоетанолу - 18,1 тис. га
Соняшник (*) для виробництва енергії (лушпиння соняшника використовується для отримання теплової енергії для потреб оліє-жирових підприємств АПК, виробництва пелет для потреб опалення населення та підприємств)	Загальні площі вирощування соняшника 6086 тис. га	Загальні площі вирощування соняшника 5779 тис. га
Пшениця (*) для виробництва енергії (розрахунково, виходячи з обсягу соломи, що використовується для виробництва твердого біопалива для отримання теплової енергії)	34,6 тис. га	33,25 тис. га
2. Земля, використовувана під дерева з коротким оборотом (верба, тополя). (Укажіть основні види)		
Верба (**), га	4000	4000
3. Земля, використовувана під інші енергетичні культури, як-то трави (канарник тросниковидний, просо, міскантус), сорго.	580	580
Міскантус (**), га	500	500
Сорго (**), га	80	80

* Наведені лише площі вирощування сільськогосподарських культур, які фактично використані для вирощування соняшника, цукрових буряків та пшениці, використання яких (та/або їх відходів та побічних продуктів) для виробництва біопалива, електричної і теплової енергії.

** Обсяги вирощування біоенергетичних культур (верби та міскантусу) наведено за оперативною інформацією наукових установ НААНУ та Мінагрополітики України, які мають дослідні плантації для вирощування посадкового матеріалу та окремих підприємств - суб'єктів господарської діяльності, які вирощують зазначені культури для реалізації або виробництва твердого біопалива. Зазначені дані є оперативними і можуть бути уточнені або скореговані в разі запровадження статистичної звітності.

ТЕО котельні та ТЕЦ на деревній трісці в централізованому теплопостачанні

Показник	Котельня 10 МВт	ТЕЦ 6 МВт _е + 18 МВт _т (конденсаційна турбіна з відбором пари)	ТЕС 6 МВт _е
Ціна палива (тріска) з доставкою до котельні, євро/т без ПДВ	25	25	25
Споживання палива, тис. т/рік	14,1	80,9	61,8
Економічні показники:			
Економія газу при виробництві теплової енергії, млн. м ³ /рік	5,2	9,60	-
Загальні інвестиції, млн. євро	2,2	16,2	15,9
При будівництві за власні кошти:			
IRR, %	28	23	13
Простий строк окупності, років (тариф на виробництво ТЕ: 950 грн./Гкал без ПДВ*)	3,4	4,1	6,0
При будівництві за власні та кредитні кошти (кредит 60% кап. витрат, під 8% річних, на 8 років, з відстрочкою виплати тіла кредиту на 1 рік)			
IRR, %	25	20	10
Простий строк окупності, років	3,9	4,8	7,2

* 90% тарифу на теплову енергію з природного газу. Прогноз тарифу розраховано згідно Закону України № 1959-VIII of 21.03.2017 <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1959-19>

Енергетична стратегія України на період до 2035 р. (схвалена Розпорядженням КМУ № 605-р від 18.08.2017)

Положення стосовно ВДЕ у транспортному секторі

- ✓ Стимулювання збільшення використання **екологічних видів моторного палива**, збільшення частки **екологічних видів палива** в балансі їх споживання із забезпеченням стимулів до її нарощення (розділ «Реформування енергетичного сектору (до 2020 р.)»).
- ✓ Стимулювання виробництва більш безпечних для споживача й довкілля видів палива, зокрема ... **біологічного палива другого покоління**, а також використання електричної енергії на транспорті (розділ «Оптимізація та інноваційний розвиток енергетичної інфраструктури (до 2025 р.)»).
- ✓ Збільшення до 20% частки **енергії з відновлюваних джерел**, використовуваної на транспорті (там же).
- ✓ Створення стимулів для широкого використання газового і **альтернативного (нафтовому) видів палива** (там же)
- ✓ Стимулювання розвитку мереж для заправки транспортних засобів **більш безпечними для споживача й довкілля видами палива** (там же).

Імплементация критеріїв сталості до законодавства України



** 08.02.2018 Комітет ВРУ з питань транспорту ухвалив ЗП і рекомендував ВРУ прийняти за основу у 1-му читанні*

Попереднє ТЕО виробництва біоетанолу 2-го покоління із власної лігноцелюлозної сировини

Показники	Величина	
Потужність по кінцевому продукту (біоетанол)	55 000 т/рік	
Споживання сировини*	315 000 т/рік (волога маса)	
Вартість сировини	13 євро/т****	
Капітальні витрати*	106 млн. євро	
Експлуатаційні витрати*	30 млн. євро/рік	
Кредитні кошти (частка капітальних витрат)	60%	
Ставка по кредиту	8%	
	Варіант I**	Варіант II***
Дохід від продажу біоетанолу	42 млн. євро/рік	65 млн. євро/рік
Простий термін окупності	> 10 років	4,1 років
Дисконтований термін окупності (ставка дисконту 7%)	> 10 років	4,9 років
Чиста приведена вартість (NPV)	---	180 млн. євро
Внутрішня норма дохідності (IRR)	---	25%

* За даними компаній Biochemtex та Beta Renewables для соломи.

** **Варіант I:** продаж біоетанолу на ринку України по ціні **0,61** євро/л, що відповідає середній ціні на бензин в Україні у лютому 2018 р. – 0,88 євро/л (з урахуванням курсу євро).

*** **Варіант II:** продаж біоетанолу на ринку Європи по ціні **0,93** євро/л, що відповідає середній ціні на бензин в Європі у січні 2018 р. – 1,35 євро/л. В обох варіантах враховано різницю у теплоті згорання бензину та біоетанолу.

**** Собівартість тріски верби по роках циклу вирощування 6-24 євро/т, в середньому ~13 євро/т (оцінка ГО «АВЕ»).

Варіанти для ведення бізнесу

Збір, обробка та продаж агро-БМ/ вирощування, продаж енергокультур	1) Збір, тюкування, продаж соломи пшениці/стебел кукурудзи		2) Виробництво та продаж гранул з аграрної сировини на внутрішньому ринку України		3) Виробництво та продаж тріски з верби
Інвестиції*	581 тис. євро (продуктивність 20-35 т/год)		2,6 млн. євро (продуктивність 5 т/год)		3,8 млн. євро (врожай 48 тис.т/рік)
Внутрішня норма дохідності (IRR)	24,1%		стебла кукурудзи: 6% лушпиння сояшника: 36%		19% / 28%**
Простий термін окупності	4,1 років		стебла кукурудзи: 9,6 років лушпиння сояшника: 2,8 р.		4,4 / 2,8** років з моменту 1-го збору врожаю
Виробництво енергії з агро-біомаси та енергокультур	3) Котельня на тюках соломи	4) ТЕЦ на тюках соломи	5) Котельня на трісці	6) ТЕЦ на трісці	7) ТЕС на трісці
Інвестиції*	2,5 млн. євро	23,1 млн. євро	2,2 млн. євро	16,2 млн. євро	15,9 млн. євро
Внутрішня норма дохідності (IRR)	28%	17%	28%	23%	13%
Простий термін окупності	3,4 років	5,1 років	3,4 років	4,1 років	6,0 років
	8) Котельня на гранулах з лушпиння	9) ТЕЦ на гранулах з лушпиння	10) Біогазова установка (БГУ) на жомі	11) БГУ на силосі (80%) та гної (20%)	12) Виробництво біоетанолу 2-го покоління з лігноцелюлозної сировини
Інвестиції*	1,4 млн. євро	16,2 млн. євро	11,2 млн. євро	25,9 млн. євро	106 млн. євро
Внутрішня норма дохідності (IRR)	53%	26%	18,8%	21,8%	25%**
Простий термін окупності	1,9 років	3,6 років	5,2 років	4,5 років	4,1** років

* **Площа під вербою: 3×800 га, приріст 20 т/га/ рік**; котельня 10 МВт, ТЕЦ 6 МВт_е+18 МВт_т, ТЕС 6 МВт_е, біогазова установка 3 МВт_е (жом), 10 МВт_е (силос + гній), продуктивність по біоетанолу 55 тис. т/рік. ** Продаж на ринку Європи. 20

Регуляторна база для використання біомаси для виробництва енергії в Україні

- Закон України № 514-VIII від 04.06.2015 «Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії»: *видалено вимоги щодо місцевої складової проектів, скориговано термін «біомаса», збільшено величину «зеленого» тарифу для біомаси та біогазу на 10% (12,39 євроцентів/кВт*год без ПДВ).*
- Закон України № 1959-VIII від 21.03.2017 «Про внесення змін до Закону України "Про теплопостачання" щодо стимулювання виробництва теплової енергії з альтернативних джерел енергії»: *тариф на ТЕ з АДЕ = 90% діючого або середньозваженого тарифу на ТЕ з природного газу.*
- Проект Закону України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо спрощення процедури землевідведення для будівництва об'єктів з виробництва теплової та/або електричної енергії з використанням відновлюваних джерел енергії та/або біологічних видів палива» (№ 2529а від 26.08.2015).
- Проект Закону України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо розвитку сфери виробництва рідкого палива з біомаси та впровадження критеріїв сталості рідкого палива з біомаси та біогазу, призначеного для використання в галузі транспорту» (№ 7348 від 29.11.2017).
- Розробка законодавства для створення конкурентного ринку біопалив в Україні (робоча група при Держенергоефективності).
- Розробка законодавства для стимулювання виробництва і споживання біометану в Україні (робоча група при Держенергоефективності).

Дякую за увагу!

Тетяна Желєзна

БАУ, НТЦ «Біомаса»

т. (+380 44) 223-55-86, ф. (+380 44) 456-94-62

zhelyezna@biomass.kiev.ua

<http://biomass.kiev.ua/>