

Розділ 3.

Альтернативні технології переробки цукрових буряків

Автори:

Жак Базен, Саксонський університет прикладних наук, Нідерланди

Ганс ван Клінк, Dutch Sustainable Development BV, Нідерланди

Співавтори:

Віталій Коврига та Максим Погребняк, Астарта-Київ; Оксана Кавтиш та Богдан Дергалюк, Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського; студенти Київського політехнічного інституту ім. Ігоря Сікорського Інна Бершадська, Володимир Іванченко, Анна Кіт, Ірина Коляденко, Ірина Манько; студенти Саксонського університету прикладних наук Осман Абдірахман, Іка Афіфа, Міша Герітцен, Мартин Герведінк Нейхес, Еріка Хутаджулу, Халіль Раад, Навід Зеварі

3.1 Вступ

Однією з культур, найбільш придатних для виробництва з неї біопалив, є цукровий буряк, завдяки високому вмісту в ньому цукру, що може бути перетворений у біоетанол. Одним з методів виробництва біоетанолу є запатентований метод так званої прямої переробки з використанням Бетапроцесу (далі – DP+Beta), який дозволяє підвищити рівень засвоюваності субстрату та значно скорочити час протікання фази гідролізу в процесі ферментації. Відповідно, увесь процес ферментації протікає набагато швидше та більш ефективно, зі значно більшою продуктивністю та поглибленим розпадом. Власне Бетапроцес не є процесом ферментації, а процесом попередньої обробки в окремій споруді, що може бути легко інтегрований в існуючий виробничий процес або з урахуванням планів розвитку.

(<http://betaprocess.eu/betaprocess-your-bio-booster.php>).

Цей звіт складено за результатами виконання дослідницького проекту компанією Dutch Sustainable Development BV (DSD) на замовлення Нідерландського Агентства підприємств Міністерства економіки Нідерландів. У цьому дослідженні розглянуто доцільність розвитку українського ринку технологій прямої переробки цукрових буряків, у співробітництві з компанією Астарта, одним з найбільших виробників цукру в Україні. У звіті наведено опис різних етапів технологічного процесу та відповідних витрат.

Ключовим питанням даного дослідження є наступне: чи є економічно доцільним проект з використанням методу DP+Beta в умовах України?

3.2 Альтернативні технології переробки цукрових буряків

З точки зору продуктивності, цукровий буряк як культура має найбільший потенціал для «озеленення» хімії. Такий висновок наводиться в звіті компанії Deloitte (2014) "Можливості для промисловості на основі процесів ферментації", в якому порівнюються найбільш перспективні культури для розвитку «зеленої» хімії в секторі Біоекономіки. У звіті також наводиться висновок, що цукровий буряк, у поєднанні з іншими культурами в сівозміні, дуже позитивно впливає на родючість ґрунту, з точки зору хвороб, імунітету рослин до патогенів, комах, і т.п. Крім того, використання цукрових буряків у сівозмінах підвищує цінність ґрунту, що дає можливість фермеру отримати додатковий дохід, а також призводить до зниження викидів парникових газів ПГ (Deloitte, 2014; Klenk, Landquist, & Ruiz de Imaña, 2012).

Традиційно, цукровий буряк розглядається як культура для виробництва білого цукру, однак з початком зеленої революції цукровий буряк все частіше розглядається як найбільш перспективна біологічна сировина рослинного походження. Дискусії серед широкого загалу щодо зайвої ваги виставили цукровий буряк, а особливо білий цукор, в негативному світлі для споживачів. Втім, є й інша сторона історії з цукровим буряком. Протягом довгого часу цукровий буряк відігравав важливу, позитивну роль у сівозмінах (Klenk et al., 2012), і не випадково. У дослідженні Кленка та у згаданому вище звіті компанії Deloitte наводиться висновок про те, що цукровий буряк відноситься до однієї з культур із сильно розвиненою кореневою системою, що справляє інший вплив на ґрунт, у порівнянні з соняшником, кукурудзою та пшеницею, зокрема покращує родючість ґрунту та урожайність інших культур, висаджених в наступні роки після нього. Спільне дослідження, проведене Партнерством для сталого виробництва цукру (Sugar Sustainability Partnership) та Центром сталого фермерства (Center for Farming Sustainability), показує, що на полях, де в сівозмінах використовуються цукрові буряки, ефективна урожайність у тривалому періоді збільшується щонайменше на 10-20% (CIBE-CEFS, 2010).

Тим не менш, в довгостроковій перспективі суспільна дискусія щодо ожиріння, ймовірно, все ж призведе до скорочення виробництва білого цукру для споживання людиною, тому розгляд альтернативних способів переробки цукрового буряку та виробництва з нього різних продуктів є актуальним вже сьогодні. Гарним першим кроком може стати виробництво біоетанолу/ біопалив з цукрових буряків, з наступним виробництвом інших, більш цінних «зелених» продуктів. Такі продукти можуть бути додатковим джерелом доходів для місцевих фермерських господарств в економічно відсталих сільських районах.

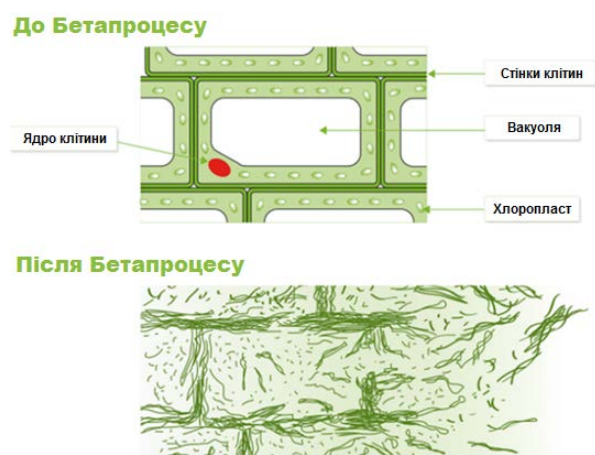
Проблема традиційних методів виробництва біоетанолу полягає в тому, що досить важко зробити таке виробництво рентабельним в умовах європейського ринку. Тому слід впроваджувати нові методи виробництва, що дозволить значно скоротити виробничі витрати. Одним з таких методів є пряма переробка цукрових буряків в етанол з використанням так званого Бетапроцесу (далі – метод DP+Beta). У цьому розділі поетапно наводяться параметри та розрахунки бізнес моделі, щоб з'ясувати, чи може метод DP+Beta бути впровадженим в Україні, виходячи з умови отримання достатньої доданої вартості та реалізації вигідного бізнес проекту.

3.2.1 Опис Бетапроцесу

Бетапроцес - це метод попередньої обробки в окремій установці, який можна інтегрувати в існуючі технологічні лінії виробництва біогазу або біоетанолу (на основі ферментаційних процесів). Бетапроцес дозволяє руйнувати макроструктури біомаси протягом лише частки секунди. Таким чином, час реалізації фази гідролізу, яка зазвичай займає близько 10-15 днів, знижується практично до нуля. Відповідно, увесь ферментаційний процес протікає набагато швидше та ефективніше, зі значно вищим виходом продукту та суттєвим збільшенням ефективності виробництва.

Процес починається з промивки, подрібнення та очищення буряку. Далі подрібнена біомаса проходить через Бетапроцес. В ході Бетапроцесу подрібнена біомаса прокачується через теплообмінник, де вона розігрівається до температури 65 °C. Потім біомаса продавлюється через вакуумний замок у вакуумний резервуар, в якому відбувається «вибух» клітин біомаси, тобто волокна, клітинні стінки та клітинні мембрани розриваються.

Рисунок 3.1: Ілюстрація дії вакуумного вибуху

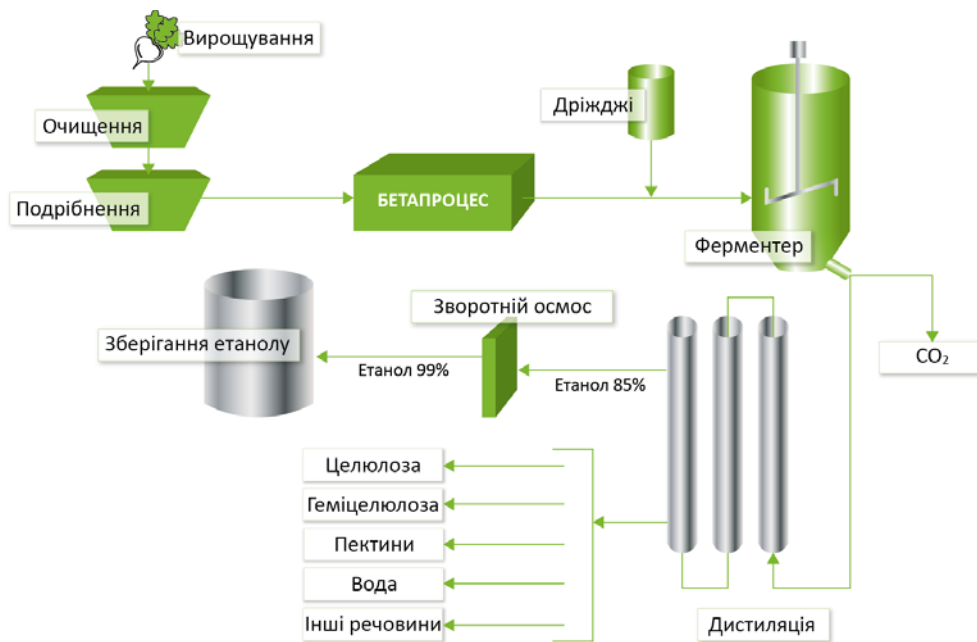


Джерело: DSD (www.betaprocess.eu)

Такий вибух призводить до зміни молекулярної структури різних речовин та їх вивільнення. Цей ефект значно полегшує і прискорює бактеріальну активність, процес ферментації і, таким

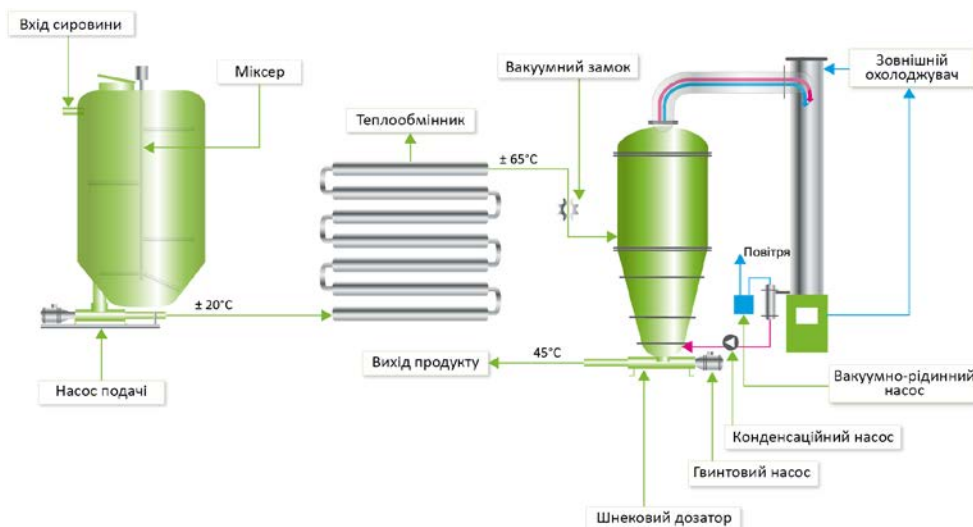
чином, утворення газу та етанолу. Це призводить до набагато ефективнішого процесу виробництва, що забезпечує вищий вихід біогазу, з підвищеним вмістом метану в ньому, вищий вихід етанолу, та при цьому меншим виходом залишків бродіння біомаси. Додатковий вихід етанолу при застосуванні методу DP+Beta, у порівнянні з традиційними методами виробництва етанолу, становить від 10 до 13%. Додатковою перевагою є те, що немає необхідності додатково вносити ферменти, оскільки завдяки вакуумному вибуху в Бетапроцесі найбільш корисні речовини уже перенесені прямо до поверхні клітини. Поєднання цих двох факторів означає, що загальне скорочення інвестицій в проект виробництва біоетанолу може становити від 10 до 20%. На рисунках 3.2 та 3.3 показано можливі технологічні схеми з використанням методу DP+Beta та власне Бетапроцесу окремо.

Рисунок 3.2: Пряме перетворення з використанням Бетапроцесу



Джерело: DSD

Рисунок 3.3: Схематичне зображення Бетапроцесу



Джерело: DSD

3.2.2 Вихід етанолу з 1 га при використанні Бетапроцесу

У розділі 3.2.1 увагу було зосереджено на цукрових буряках, хоча для виробництва біоетанолу можна використовувати різні культури. Втім, з усіх відомих альтернатив, саме з цукрових буряків можна отримати найбільший вихід біоетанолу з розрахунку на 1 га землі. Крім того, цукрові буряки відіграють важливу роль в сівозмінах для фермерських господарств, тим самим збільшуючи урожайність інших культур в роки після вирощування цукрових буряків, протягом циклу сівозміни. За рівнем поглинання CO₂ (щонайменше 40 тон CO₂ на 1 га), продукування кисню та споживання води, цукрові буряки характеризуються порівняно кращими показниками по відношенню до інших культур. Водоспоживання при виробництві етанолу з цукрових буряків складає 1400 л (звіт FAO). Для порівняння, водоспоживання при виробництві етанолу з тростинного цукру, наприклад, складає 2800 л, а з кукурудзи – 1900 л.

Проблема у використанні цукрових буряків полягає в тому, що вони не є доступними впродовж усього року. З метою мінімізації періоду простою обладнання, інші культури можна і, можливо, доведеться використовувати для заміни цукрових буряків впродовж періоду року, коли вони недоступні. Згідно з дослідженням Вагенінгенського університету та дослідного центру (Wageningen University & Research), найбільш привабливою культурою, після цукрових буряків, є кукурудза (зерно), що не має проблем з обмеженим постачанням протягом року.

Особливістю при використанні зерна кукурудзи є необхідність додавання ферментів, для того щоб перетворити крохмаль на цукор до початку процесу ферментації. Це призводить до збільшення витрат на виробництво 1 л етанолу приблизно на 15 - 25%, у порівнянні з цукровими буряками. У таблиці 3.3 наведено значення потенціалу виробництва біоетанолу з розрахунку на 1 га для умов України, Нідерландів та середні для умов ЄС.

3.2.3 Опис ринкових умов в Україні

Україна є однією з найбільших країн в Європі за площею території, з переважно рівнинним ландшафтом та помірними кліматичними умовами, що робить її придатною для ведення сільського господарства. Не дивно, що Україна має значні площі сільськогосподарських угідь з потенціалом, що дозволяє бути їй одним з найбільших виробників сільськогосподарської продукції у світі. Втім, з різних причин продуктивність сільського господарства в Україні поки залишається відносно низькою. Проблеми логістики, застарілі або недостатньо оптимальні технології ведення сільського господарства та мораторій на продаж землі часто називаються основними проблемами, з точки зору можливостей підвищення продуктивності фермерських та сільськогосподарських підприємств.

Розміри сільськогосподарських підприємств

За розмірами, структура сільськогосподарських підприємств в Україні сильно відрізняється від такої структури в Нідерландах. Тоді як в Нідерландах домінують приватні ферми, площа землі кожної з яких рідко перевищує 100 гектарів, в Україні є декілька дуже великих сільськогосподарських підприємств з понад 10 000 гектарів землі, а також менші підприємства. Втім, у середньому, розмір українських сільськогосподарських підприємств значно перевищує середній розмір голландських. В таблиці 3.1 наведено структуру українських сільськогосподарських підприємств за розміром землі в обробітку.

Table 3.1: Зміна структури сільськогосподарських підприємств за розміром в період з 2010 по 2013 рр.

	2010		2011		2012		2013	
	Площа (га)	Кількість аграрних підприємств	Площа (га)	Кількість аграрних підприємств	Площа (га)	Кількість аграрних підприємств	Площа (га)	Кількість аграрних підприємств
ВСЬОГО	21 585 900	56 493	21 570 600	56 133	21 914 200	55 866	21 800 100	55 858
0	-	7 669	-	7 877	-	8 214	-	8 416
< 5.0	18 300	5 784	17 800	5 639	16 800	5 332	16 000	5 026
5.1-10.0	31 900	4 038	31 400	3 983	30 000	3 809	29 000	3 755
10.1-20.0	76 300	4 925	75 600	4 897	74 200	4 795	74 100	4 784
20.1-50.0	519 800	13 707	512 200	13 535	504 300	13 334	504 000	13 294
50.1-100.0	345 200	4 831	350 000	4 895	360 900	5 016	383 000	5 275
100.1-500.0	1 743 100	7 181	1 757 400	7 195	1 777 400	7 261	1 770 900	7 233
500.1-1000.0	1 919 400	2 667	1 870 400	2 595	1 883 900	2 624	1 908 400	2 666
1000.1-2000.0	3 822 800	2 661	3 664 800	2 549	3 683 600	2 565	3 636 000	2 531
2000.1-3000.0	3 295 500	1 347	3 188 800	1 304	3 102 500	1 270	3 038 400	1 251
3000.1-4000.0	2 293 000	666	2 206 300	640	2 178 900	632	2 141 600	619
4000.1-5000.0	1 670 500	376	1 577 900	355	1 481 800	334	1 434 000	323
5000.1-7000.0	1 919 600	332	1 975 200	342	1 959 100	337	2 016 200	345
7000.1-10000.0	1 479 600	178	1 456 000	175	1 504 300	179	1 379 000	165
> 10000.0	2 450 900	131	2 886 800	152	3 356 500	164	3 468 900	175

Джерело: (Нівієвський, Степанюк, Мовчан, Риженков, Огаренко, 2015)

Можна припустити, що більшість невеликих фермерських господарств мають обмежені можливості у використанні інтенсивних технологій, а тому досягнута ними продуктивність на 1 га землі буде очікувано нижчою, ніж для більшості великих сільськогосподарських компаній. Згідно з іншим нещодавнім дослідженням ринку, можна навіть говорити про дуалістичний характер українського аграрного ринку: з одного боку існують класичні невеликі фермерські господарства сімейного типу, а з іншого - великі агропромислові конгломерати, які мають доступ до сучасних технологій та капіталу, та для яких сільськогосподарська діяльність є лише частиною більш широкої промислової діяльності компанії (Balman et al., 2013). У цьому дослідженні також стверджується, що така ситуація на українському ринку існує через недостатньо розвинений аграрний ринок всередині країни, а тому стратегія цих великих підприємств полягає у включенні сільськогосподарської діяльності у свій бізнес з тим, щоб не було проблем з недостатньою забезпеченістю власних підприємств сировиною, а також для уникнення значних коливань цін на продукцію.

Мораторій на продаж землі

З часу приватизації та повернення сільськогосподарських земель місцевим фермерам у 1992 році, український уряд затвердив заборону або мораторій на продаж сільськогосподарських земель до того часу, поки не буде створено сприятливу законодавчу базу. Термін дії мораторію на продаж землі закінчився 31 грудня 2017 р., але його було продовжено ще на один рік до грудня 2018 р. Наразі залишається незрозумілим, що буде після закінчення цього терміну. Приводяться ряд аргументів як на користь скасування мораторію, так і на користь його збереження (див. огляд аргументів: Vonenberg, 2017). Обговорення можливих наслідків скасування або збереження мораторію на продаж землі виходить за рамки даного дослідження, хоча варто зазначити, що багато з числа прихильників скасування мораторію (до яких відносяться Світовий банк та МВФ) очікують, що скасування заборони призведе на значній консолідації землі та збільшенні інвестицій у забезпечення довгострокової якості землі, тим самим забезпечуючи вищу продуктивність сільського господарства (Segura & Ustenko, 2016).

Очікується, що мораторій на продаж землі залишатиметься у найближчому майбутньому, оскільки багато політиків, з числа популістів та націоналістів, зробили це одним з найважливіших політичних гасел (Bonnenberger, 2017).

Легкість ведення бізнесу

Кожного року Світовий банк публікує рейтинговий список «Легкість ведення бізнесу», з оцінкою кожної країни в світі за декількома показниками, які вони вважають критичними для успішного ведення бізнесу. Таблицю 3.2 складено на основі порівняння України з іншими пострадянськими країнами.

Таблиця 3.2: Легкість ведення бізнесу в Україні у порівнянні з іншими пострадянськими країнами

Країна	Світовий рейтинг	Рейтинг серед групи "пострадянських економік"
Грузія	9	1
Естонія	12	2
Литва	16	3
Латвія	19	4
Російська Федерація	35	5
Казахстан	36	6
Білорусія	38	7
Молдова	44	8
Вірменія	47	9
Азербайджан	57	10
Узбекистан	74	11
Україна	76	12
Республіка Киргизстан	77	13
Таджикистан	123	14
Туркменістан	немає даних	15

Джерело: (Група Світового Банку, 2018)

Як видно з таблиці 3.2, Україна має досить несприятливий діловий клімат для міжнародного бізнесу, у порівнянні з країнами з подібними умовами та історією. Схоже спостереження міститься у різних дослідженнях щодо якості української демократії, її інституцій та захисту прав закордонних інвесторів при розвитку (іноземного) бізнесу (Frye, 2002; Smallbone & Welter, 2001; Smallbone, Welter, Voytovich, & Egorov, 2010; USAID, 2016). Згадані тут різні дослідження ведуть до висновку, що ведення бізнесу в Україні складне, проте має потенціал.

3.3 Бізнес сценарії

3.3.1 Вступ

Для того, щоб сформулювати обґрунтовану рекомендацію щодо привабливості реалізації методу DP+Beta в Україні, необхідно розглянути різні аспекти бізнес-сценарію. У цьому розділі дані про цукрові буряки та кукурудзу (2-ої за привабливістю культури), отримані під час цього дослідження, буде представлено та сформульовано у вигляді бізнес моделі, з рядом відповідних сценаріїв. В даному дослідженні було враховано лише виробництво біоетанолу, без оцінки собівартості біогазу, а також виробничих витрат та доходів для будь-яких інших продуктів. Власне бізнес модель можна знайти у Додатку 1, а в наступних розділах наводяться припущення та методи розрахунків, використані для даної моделі. Потенційні виробничі витрати та доходи для біогазу та інших продуктів також описано в тексті даного розділу, хоча вони не включені до основної моделі.

3.3.2 Припущення моделі

В моделі, представлений в даному дослідженні, робиться припущення, що тривалість переробки цукрових буряків у біоетанол складатиме 200 днів, а переробка зерна кукурудзи триватиме 150 днів, коли цукрові буряки будуть недоступні. Решта 15 днів протягом року відводяться на планові або позапланові зупинки виробництва. Потужність переробки цукрових буряків прийнято 3 000 тон на добу, що складатиме загалом 600 000 тон на рік. У період роботи заводу на зерні кукурудзи протягом решти року, необхідно використовувати 850 тон кукурудзи на добу для того, щоб забезпечити добове виробництво біоетанолу на тому ж рівні.

Що стосується вартості сировини, то ціна цукрових буряків в Україні складає в середньому біля 28 євро за 1 т (див. таблицю 3.5), проте в різних сценаріях в основу розрахунку витрат закладалась як висока, так і низька ціна. Для усіх трьох сценаріїв ціна продажу біоетанолу приймалась 0,50 євро за 1 літр. Така ціна, згідно даних МВФ, є середньою ціною на біоетанол в країнах ЄС за останні три роки. З врахуванням прогнозу МВФ щодо зростання ціни на біоетанол в ЄС через збільшення попиту (див. таблицю 3.13), ціна 0,50 євро/л є, схоже, обґрунтованою оцінкою майбутньої ціни. Окрім експорту до Європейського Союзу, очікується розвиток внутрішнього ринку біоетанолу в Україні, з огляду на прийняту Урядом України Директиву щодо відновлюваної енергії (детальніше див. розділ 2), в якій передбачено зобов'язання додавати біоетанол до традиційного автомобільного пального. І, нарешті, для біоетанолу з цукрових буряків можна легко знайти застосування в інших продуктах з більшою доданою вартістю, що обумовить ще вищу ціну на нього на світовому та внутрішньому ринках.

3.3.3 Види сировини та ціни на неї

Біоетанол можна отримати з ряду культур, серед яких цукровий буряк є лише однією з можливостей. В даному розділі розглянуто варіанти використання різних культур для виробництва біоетанолу. Оцінку зроблено на основі даних, наданих компанією Астарта-Київ, однією з найбільших аграрних компаній в Україні, а також з використанням статистичних та літературних даних. Дуже важливо в даному контексті розглянути діапазон можливих значень урожайності, питомих витрат на виробництво цукрових буряків та цін на них, для того, щоб зрозуміти чи дасть вирощування цукрових буряків (підвищення їх урожайності) або ж альтернативних культур змогу забезпечити достатній рівень доходу для фермерів, а також чи дозволить це забезпечити достатньо стабільне постачання цукрових буряків при достатньо низькій вартості їх переробки.

Вихід на 1 га

Спочатку, різні культури, потенційно придатні для виробництва біоетанолу, оцінюються з точки зору їх урожайності. Це дає певне уявлення про площу землі, необхідну для вирощування таких культур. Україна займає велику територію, з різними кліматичними зонами, тому необхідно оцінити урожайність таких культур при вирощуванні у різних частинах країни. У цьому дослідженні порівнюються, в даному контексті, Західна та Східна Україна. В Західній Україні умови для орного землеробства є більш сприятливими, у порівнянні зі Східною Україною, завдяки доступності більшої кількості води та менш еродованим ґрунтам. В таблиці 3.1 наведено дані про урожайність деяких культур, придатних для виробництва біоетанолу. Ці дані надано компанією Астарта. Дані для соєвих бобів взято з дослідження Лангемейера (Langemeier, 2015) щодо привабливості виробництва сої в Україні, в якому, втім, не розглядається різниця в урожайностях для Західної та Східної України. Компанією Астарта вирощується лише незначна кількість соєвих бобів, тому вона не може надати достовірних даних по цій культурі.

Таблиця 3.1: Урожайність культур, придатних для виробництва біоетанолу, в Україні

	Урожайність, тон на 1 га			Рейтинг
	Середня по Україні	Західна Україна	Східна Україна	
Цукрові буряки	45	55	40	1
Пшениця	5.0	6.3	4.2	3
Соняшник	2.3	2.9	2.1	5
Кукурудза	6.0	10.5	4.5	2
Соеві боби	3.4	*	*	4

* немає даних

Джерело: Астарта-Київ, 2018; Langemeier, 2015

Серед наведених культур для виробництва біоетанолу, цукрові буряки мають найбільший вихід маси з 1 га, за ними йде кукурудза. Втім слід зауважити, що цукрові буряки доступні протягом обмеженого періоду протягом року, що змушує розглядати альтернативні культури для переробки протягом решти часу.

Витрата насіння та його вартість з розрахунку на 1 га

Для виробництва необхідного обсягу сировини необхідно висадити насіння, що має бути враховано, зокрема і при розрахунку собівартості. Ціни на воду, добрива та пестициди в розрахунках не враховувались. Усі дані надано одним з найбільших агрохолдингів в Україні Астарта-Київ.

Таблиця 3.2: Споживання та ціна насінневого матеріалу в умовах України, з розрахунку на 1 га (за даними компанії Астарта-Київ)

	Насіння, з розрахунку на 1 га		Вартість на 1 га (євро)	Рейтинг
	Кількість насінин	Вага, кг		
Цукрові буряки	100 000	140	89	2
Пшениця	*	270	152	4
Соняшник	150 000	62	56	1
Кукурудза	80 000	76	90	3
Соеві боби	*	140	473	5

* немає даних

Джерело: Астарта-Київ, 2018

У порівнянні з іншими культурами, питомі витрати на насіння соняшнику є найнижчими, далі йдуть насіння цукрових буряків та насіння кукурудзи. Втім, беручи до уваги набагато більшу урожайність цукрових буряків, вирощування соняшнику для виробництва біоетанолу не виглядає надто привабливим варіантом.

Виробництво біоетанолу, в літрах на 1 га

За інформацією компанії Астарта, з цукрових буряків, які вони переробляють, отримують в середньому 16% цукру. Це означає, що середній вихід біоетанолу з розрахунку на 1 га буде, радше за все, відрізнятись від середнього значення для європейських країн. В умовах України, реалістичний вихід біоетанолу на 1 га буде наближеним до значень, наведених в таблиці 3.3. Навіть не зважаючи на те, що очікуваний вихід біоетанолу є значно нижчим, ніж в інших

країнах ЄС, все ж він є достатнім для того, щоб серйозно розглядати вирощування цукрових буряків чи інших культур для виробництва з них біоетанолу. Детальну калькуляцію виходу біоетанолу на 1 га наведено в Додатку 2.

Таблиця 3.3: Середній вихід біоетанолу на 1 га при використанні методу DP+Beta

Культура	Середній в країнах ЄС	Нідерланди	Україна
Цукрові буряки	6 000 л	8 500 л	4 300 л
Кукурудза	4 000 л	5 800 л	3 000 л
Міскантус	3 800 л	5 510 л	2 750 л
Тополя	2 600 л	3 750 л	1 900 л
Стебла кукурудзи	1 600 – 2 400 л	2 300 – 3 500 л	1 150 – 1 750 л

Джерело: Wageningen University & Research, Астарта-Київ, DSD BV

Оптимальні температури вирощування

Цукрові буряки вирощують на значних територіях в Європі, що характеризуються помірним та не дуже спекотним кліматом. Для того, щоб оцінити можливу урожайність цукрових буряків та альтернативних культур, необхідно розглянути умови їх вирощування в Україні. В таблиці 3.4 наведено оптимальні умови вирощування деяких культур, а в таблиці 3.5 – кліматичні умови в Україні, в поєднанні з оптимальними температурними діапазонами для різних розглянутих культур.

Таблиця 3.4: Оптимальні температурні умови для вирощування різних культур

	Оптимальні для вирощування температури		Період вирощування (днів)
	Мінімум	Максимум	
Цукрові буряки	15	25	100
Жито	12	25	160
Соняшник	21	26	60-100
Кукурудза	12	19	160
Соєві боби	20	30	140
Морква	16	21	70-80

Джерело: Saxion, 2018

Таблиця 3.5а: Температурні дані для Києва та Одеси

Київ	Січ	Лют	Бер	Кві	Тра	Чер	Лип	Сер	Вер	Жов	Лис	Гру
Мін (°C)	-6	-6	-1	5	11	14	16	15	10	5	0	-5
Макс (°C)	-1	0	6	14	21	24	26	25	19	12	5	0
Одеса	Січ	Лют	Бер	Кві	Тра	Чер	Лип	Сер	Вер	Жов	Лис	Гру
Мін (°C)	-3	-3	1	7	12	16	18	18	14	9	3	-1
Макс (°C)	2	3	7	13	20	24	27	26	21	15	8	4

Джерело: Climatestotravel.com

Таблиця 3.5b: Кліматичні умови в Україні та оптимальні умови вирощування в Києві та Одесі

Київ	Місяці											
	січ	лют	бер	кві	тра	чер	лип	сер	вер	жов	лис	гру
Цукрові буряки	жовтий	жовтий	жовтий	зелений	зелений	зелений	жовтий	зелений	зелений	жовтий	жовтий	жовтий
Жито	жовтий	жовтий	жовтий	зелений	зелений	зелений	жовтий	зелений	зелений	жовтий	жовтий	жовтий
Соняшник	жовтий	жовтий	жовтий	жовтий	зелений	зелений	зелений	зелений	жовтий	жовтий	жовтий	жовтий
Кукурудза	жовтий	жовтий	жовтий	зелений	жовтий	жовтий	жовтий	жовтий	зелений	зелений	жовтий	жовтий
Соєві боби	жовтий	жовтий	жовтий	жовтий	зелений	зелений	зелений	зелений	жовтий	жовтий	жовтий	жовтий
Морква	жовтий	жовтий	жовтий	жовтий	зелений	жовтий	жовтий	жовтий	зелений	жовтий	жовтий	жовтий

Одеса	Місяці											
	січ	лют	бер	кві	тра	чер	лип	сер	вер	жов	лис	гру
Цукрові буряки	жовтий	жовтий	жовтий	зелений	зелений	зелений	жовтий	жовтий	зелений	зелений	жовтий	жовтий
Жито	жовтий	жовтий	жовтий	зелений	зелений	зелений	жовтий	жовтий	зелений	зелений	жовтий	жовтий
Соняшник	жовтий	жовтий	жовтий	жовтий	жовтий	зелений	жовтий	зелений	зелений	жовтий	жовтий	жовтий
Кукурудза	жовтий	жовтий	жовтий	зелений	жовтий	жовтий	жовтий	жовтий	жовтий	зелений	жовтий	жовтий
Соєві боби	жовтий	жовтий	жовтий	жовтий	зелений	зелений	зелений	зелений	зелений	жовтий	жовтий	жовтий
Морква	жовтий	жовтий	жовтий	жовтий	зелений	жовтий	жовтий	жовтий	зелений	жовтий	жовтий	жовтий

Оранжевий колір = не оптимальні температури

Зелений колір = оптимальні температури

Як видно з табл. 3.4 та табл. 3.5, кількість днів для досягнення оптимальних показників протягом сезону є достатньою, зокрема при вирощуванні таких культур як жито та соняшник. Клімат в Україні є певною мірою надто спекотний з точки зору забезпечення оптимальних результатів при вирощуванні кукурудзи.

З урахуванням кліматичних умов, середньої урожайності, вартості насінневого матеріалу та питомого виходу біоетанолу на 1 га, серед усіх розглянутих у даному розділі культур, цукрові буряки мають найкращі передумови для виробництва з них біоетанолу. Кукурудза є наступною за привабливістю культурою, за нею йде соя, хоча вартість насінневого матеріалу сої є досить високою. Окрім того, українські аграрії не мають значного досвіду вирощування соєвих бобів, але як варіант соя все ж може бути розглянута. Інші культури, ймовірно, будуть давати низький вихід біоетанолу з розрахунку на 1 га, а тому вирощування таких культур для виробництва біоетанолу, радше за все, не буде економічно доцільним.

Вплив коливань ціни цукрових буряків

Ціна на цукрові буряки коливається з року в рік. За інформацією Астарта-Київ, протягом останніх років середня ціна на цукрові буряки була еквівалентною 28 євро/т. При розрахунку різних сценаріїв, дана ціна використана як середнє значення. За нижнє значення ціни прийнято 24 євро/т, за верхнє – 32 євро/т. В таблиці 3.6 представлено результати оцінки впливу ціни на виробничу вартість 1 л біоетанолу, отриманих з використанням моделі.

Таблиця 3.6: Витрати на виробництво 1 л біоетанолу за трьома сценаріями

	Сценарій низьких цін	Середній сценарій	Сценарій високих цін
Ціна 1 т цукрових буряків	€ 24	€ 28	€ 32
Вартість виробництва 1 л біоетанолу	€ 0.406	€ 0.431	€ 0.457

3.3.4 Виробничі витрати

Процес виробництва біоетанолу з використанням методу DP+Beta складається з ряду етапів, а тому при розгляді проектного сценарію для цього методу необхідно враховувати ряд факторів.

Перш за все, цукрові буряки потрібно ретельно промити, оскільки процес вимагає, щоб залишок забруднень на буряках не перевищував 2,5%. Потім цукрові буряки механічно подрібнюються, щоб утворилась густа бурякова маса. Ця маса нагрівається в теплообміннику від початкової температури 20°C до 65°C. Далі маса проштовхується до вакуумного замка, в якому температура становить близько 37°C в умовах, наближених до повного вакууму, і де відбувається вибух клітин. Маса, що виходить з вакуумного замка, має температуру 35-40°C і далі перекачується в ферментер для перетворення цукру в біоетанол. Для забезпечення стабільності процесу потрібні деякі реагенти. Вартість та обсяг цих реагентів можна знайти в описі моделі розрахунку вартості застосування методу DP+Beta в Додатку 1. Оскільки постачання реагентів здійснюється від одного і того ж виробника як в Нідерландах, так і в Україні, можна прийняти аналогічні ціну на них та обсяг їх використання. Таким чином, в моделі використовуються схожі показники як для України, так і для Нідерландів.

Окрім реагентів для стабілізації процесу, для виробництва біоетанолу потрібна також енергія, оскільки ідеальна температура для вакуумного вибуху та подальшої ферментації становить близько 28-34°C, а сам процес ферментації займає 30 годин. Після цього, маса перекачується у резервуар для зберігання для подальшої дистиляції. Необхідна кількість енергії для всього процесу забезпечується або за допомогою власної біогазової установки, або шляхом спалювання деревної тріски, або ж метану/природного газу з газорозподільчої мережі. В розрахунковій моделі, представленій в цьому документі, приймається використання природного газу із мережі, оскільки це є доступним варіантом для цукрових заводів в Україні, і не потребує інвестицій в інфраструктуру. Кількість природного газу, необхідного для виробництва 1000 літрів етанолу, становить близько 175 кубічних метрів. Рекомендована ціна на природний газ в Україні становить 8186.50 грн за 1000 кубічних метрів¹. Така ціна отримується з врахуванням поточного курсу гривні до євро (станом на квітень 2018 р.) при ціні 0,275 євро за кубічний метр природного газу. Важливо зазначити, що оскільки при виробництві біоетанолу з використанням методу DP+Beta необхідно забезпечувати менші температури, тиск та тривалість ферментації, у порівнянні з традиційними технологіями, потреба в енергії при цьому є також значно нижчою. Порівняння обсягів споживання енергії при використанні методу DP+Beta та при традиційному методі показано в таблиці 3.7. Деякі з традиційних методів виробництва біоетанолу характеризуються вищим рівнем конверсії цукрових буряків в етанол, проте у усіх випадках споживання енергії та викиди CO₂ є значно вищими. Порівняльну

¹ <http://utg.ua/en/utg/business-info/tariffs.html>

характеристику деяких традиційних методів виробництва та методу DP+Beta наведено в таблиці 3.8.

Таблиця 3.7: Орієнтовні обсяги споживання енергії при використанні традиційного методу виробництва біоетанолу та з використанням методу DP+Beta

	Традиційний	DP+Beta
Пара (ГДж)	574 743	293 525
Електрична енергія (кВт·год)	3 369 746	3 755 654
Електрична енергія (ГДж)	12 131	13 520
Загальне споживання енергії (ГДж)	586 874	307 045
Питоме споживання енергії на 1 м ³ біоетанолу (ГДж/м ³)	11	5.8

Джерело: KН Engineering

Таблиця 3.8: Порівняння обсягів споживання енергії та цукрових буряків при різних методах виробництва біоетанолу (на основі середніх по ЄС значень)

	Розмірність	КН трад.	DP+Beta	ACRES трад.	USA трад.
Споживання буряків	тис. т/рік	600	600	600	600
EtOH/буряки	кг/кг	0.073	0.075	0.073	0.081
ПДж/EtOH	ПДж/рік	1.11	0.53	0.89	1.69
CO ₂ /EtOH	кг/кг	2.9	2.2	2.4	3.1
CAPEX/EtOH	млн €/тис. т	1.84	1.00	1.16	0.91

Джерело: Звіту KН Engineering та Wageningen University & Research

Електрична енергія є другим за значимістю енергоресурсом, необхідним для виробництва біоетанолу, що споживається для приводу механізмів. Експериментально показано, що кількість електроенергії, необхідної для виробництва 1000 л етанолу, складає близько 269 кВт·год². Тариф на електричну енергію на оптовому ринку України в 2017 році складав 1353 грн за 1 МВт·год, що відповідає близько 0.05 євро-центам за 1 кВт·год при обмінному курсі гривні до євро (станом на квітень 2018 р.).

Деякі інші, відносно незначні виробничі витрати також враховуються в моделі, зокрема:

- очищення котлової води, з річними витратами близько 90 000 євро, як для Нідерландів, так і для України;
- питна вода, тарифи на яку прийнято на тому ж рівні для Нідерландів та для України, на суму 53 757 євро на рік;
- очистка охолоджувальної колони, при очікувано однакових витратах для Нідерландів та для України, на суму близько 86 000 євро на рік.

3.3.5 Витрати на оплату праці та персоналу

Виробництво біоетанолу передбачає витрати не тільки на сировину та виробничі витрати самого процесу, а й витрати на оплату праці. Для розрахунку вартості робочої сили для виробництва необхідно враховувати два аспекти. По-перше, число необхідних працівників, а по-друге - витрати на одного працівника. Кількість працівників, необхідних при виробничій потужності заводу 3 000 т/добу, може оцінюватися за кількістю людей, необхідних для

² Дослідження ACCRES (Wageningen University & Research)

здійснення поточних операцій, оскільки метод DP+Beta потребує більш-менш однакової кількості робочої сили, як і для типового цукрового заводу. Використовуючи поточні показники, потреба в робочій силі оцінюється в еквіваленті 50 робітників з повним робочим днем. Середня величина загальних витрат на оплату праці як виробничого, так і допоміжного персоналу, оцінюється компанією Астарта-Київ як 19 грн на 1 т перероблених цукрових буряків. Розрахунок загальної вартості робочої сили наведено в таблиці 3.9, звідки величина річної валової вартості робочої сили складає 9 500 євро на одного працівника, задіяного у виробництві.

Таблиця 3.9: Витрати на оплату праці на цукровому заводі (за даними Астарта-Київ)

Type of labour	Витрати
Витрати на оплату праці з розрахунку на 1 т перероблених цукрових буряків	19 грн
Добові витрати на оплату праці для заводу з потужністю переробки 3 000 т цукрових буряків на добу	57 000 грн
Річні витрати на оплату праці для заводу з потужністю переробки 3 000 т цукрових буряків на добу, з яких:	20 805 000 грн (595 000 євро)
- 20% накладні / офісні витрати	120 000 євро
- витрати на оплату праці виробничого персоналу	475 000 євро

Джерело: Астарта-Київ

3.3.6 Інші витрати

У бізнес-моделі враховуються також деякі інші статті витрат, необхідні для забезпечення безперебійного виробничого процесу. Витрати на обслуговування лабораторного обладнання прийнято на тому ж рівні як для Нідерландів, так і для України, а саме 56 000 євро на рік. З огляду на те, що використовуються аналогічні технології та обладнання від одних і тих же постачальників, як для Нідерландів, так і для України, дуже ймовірно, що їх вартість в обох країнах буде ідентичною. Витрати на технічне обслуговування також розраховуються на ту ж суму, що і в Нідерландах, а саме 180 000 євро на рік, оскільки машини та інше обладнання поставляються від тих самих постачальників і матимуть приблизно ту ж вартість і витрати на обслуговування. Фактичні витрати на технічне обслуговування в Україні можуть бути дещо нижчими, з огляду на нижчі рівні заробітної плати, проте витрати на імпорт машин та обладнання можуть бути дещо вищими, ніж для Нідерландів, що знівелює нижчі витрати на оплату праці. Загальні витрати, третій параметр у цій частині моделі, також прийнято для України на аналогічному рівні, як для Нідерландів. Фактично ж, загальні витрати в Україні можуть бути суттєво нижчими від тих, що використовуються в моделі, і це може дозволити накопичити певну суму грошового запасу.

3.4 Основні та похідні продукти

3.4.1 Типи продуктів

При прямій переробці цукрових буряків з використанням методу DP+Beta, окрім біоетанолу можна отримати інші похідні продукти. При дещо зміненому виробничому процесі прямої переробки цукрових буряків можна отримати продукти, альтернативні біоетанолу. У таблиці 3.10 показано різні альтернативні кінцеві продукти процесу DP+Beta. Доречним також буде привести тут так звану піраміду вартості (див. рис. 3.4), де показано можливості подальшої, більш глибокої переробки цукрових буряків для виробництва продуктів з більшою доданою вартістю. Потенційний додатковий дохід від цих високовартісних продуктів в моделі даного дослідження не враховувався, але, безумовно, такий дохід дозволяє розглядати додаткові

можливості для бізнесу в майбутньому, з точки зору підвищення рентабельності інвестицій в метод DP+Beta.

Цукровий буряк є однією з важливих культур для біоекономіки, що може бути проміжною ланкою, важливою складовою при виробництві продуктів харчування, кормів, фармацевтичної та косметичної продукції. Цукровий буряк містить більш доступний цукор, ніж крохмалевмісні культури, для вивільнення цукру з яких потрібно додавати ензими. Це означає, що однією ланкою процесу потребується менше, а відповідно і меншою буде собівартість продукції. Цукровий буряк або продукти, вироблені з нього, можуть бути використані як:

- a. Товарна хімія → товарні реактиви з низькою доданою вартістю;
- b. Чисті реагенти → невеликі обсяги, відносно високі ціни, потреба індивідуальної специфікації:
 - i. композитні блоки;
 - ii. удосконалені проміжні сполуки;
 - iii. активні інгредієнти;
- c. спеціальні хімікати → добавки, каталізатори, висока додана вартість до функціональної цінності, агрохімікати, ефірні олії, харчові добавки, інгредієнти для косметичної та фармацевтичної продукції.

Вирощування цукрового буряку як культури для «озеленення» хімії відповідає моделі сталого розвитку. Зменшення впливу на навколишнє середовище впродовж життєвого циклу та зниження викидів парникових газів також добре вписується в модель майбутнього. Ряд інститутів, таких як NOVA Інститут, Вагенінгенський університет та науково-дослідний центр, Продовольча та сільськогосподарська організація ООН у своїх публікаціях представили цукровий буряк як культуру, що відповідає критеріям сталого виробництва.

Таблиця 3.10: Продукти, які можна отримати з використанням методу DP+Beta

Продукт	Вихід продукту, в кг на 1 кг цукрових буряків	Співвідношення Дохід/Витрати
n-Бутанол	0.05	2.73
Янтарна кислота (сукцинат)	0.13	11.4
Молочна кислота	0.15	6.32
Біетанол	0.10	1.60 (пальне) / 2.56 (харчовий продукт)

Джерело: DSD

Рисунок 3.4: Піраміда вартості при переробці цукрових буряків



3.4.2 Побічні продукти методу DP+Beta

При використанні методу DP+Beta утворюється ряд побічних продуктів. Ці продукти відрізняються від тих, що отримують при традиційній технології виробництва цукру. При традиційному виробництві цукру типовим побічним продуктом є меляса. При використанні методу DP+Beta побічним продуктом є водяниста пульпа, що не містить цукру. Цю пульпу можна використати для різних цілей. Її можна продати як корм для тварин, однак за допомогою певних додаткових етапів обробки з неї можливо виділити похідні продукти, зазначені в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11: Побічні продукти методу DP+Beta

Продукт	Вихід, в кг на 1 кг цукрових буряків	Ціна за 1 кг в ЄС (євро)
Вміст сухих речовин в пульпі, з них:	0.07	0.10 (при реалізації як корму для тварин)
- целюлози	0.014	0.70
- геміцелюлози	0.014	1.00
- пектинів	0.032	1.50
- інших сухих речовин	0.01	-

Джерело: DSD

В моделі, представлений в Додатку1, жоден з потенційно можливих доходів від реалізації побічних продуктів при розрахунках не враховано, оскільки це потребує додаткових інвестицій в виробничий процес або ж залучення іншого партнера для переробки цього побічного продукту. Оцінка інвестиційних затрат, виробничих витрат та доходу від реалізації побічних продуктів виходить за рамки даного дослідження.

В загальному випадку, переробка цукрових буряків призводить до утворення трьох видів побічних продуктів: газоподібних, рідких та твердих. Тверді побічні продукти методу DP+Beta можна використати на корм тваринам або ж додатково обробити, з виділенням пектинів, целюлози та геміцелюлози (Таблиця 3.11). При переробці 1 т цукрових буряків з

використанням методу DP+Beta утворюється 95 кг CO₂. Цей вуглекислий газ можна уловити та продати тепличним господарствам як нутрієнт для пришвидшення росту рослин. Оскільки це потребуватиме лише незначного збільшення інвестицій у виробничий процес, така опція не розглядалась в бізнес моделі даного дослідження, хоча варто мати на увазі, що потенційно це може дати додатковий дохід. При виборі такої опції бажано, щоб тепличні господарства розміщувались неподалік, що спрощувало б постачання CO₂.

Рідким побічним продуктом є вода від промивки цукрових буряків. Для повторного використання з метою промивки іншої порції цукрових буряків або ж перед скидом в навколишнє середовище, таку воду необхідно очищати шляхом фільтрування в декілька етапів. В цілому, в процесі переробки 1 т цукрових буряків утворюється 952 літрів забрудненої води. Осад, що утворюється в результаті очистки такої води, повертається фермерам для внесення в поля як добрива. В моделі закладено ціну реалізації такого осаду 0.05 євро/кг. Ефект від можливих надходжень від реалізації осаду не враховано, хоча такий ефект очікується незначним. Після ретельного очищення цукрові буряки можна переробляти методом DP+Beta.

Для узагальнення інформації щодо потоків побічних продуктів та шляхів їх можливого використання, в таблиці 3.12 наведено масовий баланс процесу. Варто зазначити, що наведені в таблиці значення є середніми для ЄС і можуть відрізнятися для умов України, оскільки цукристість буряків може бути іншою. Втім, суттєвих відмінностей не передбачається.

Таблиця 3.12: Масовий баланс методу DP+Beta, з розрахунку на 1000 кг цукрових буряків

Вхідна сировина		Виробничий процес		Основні продукти	
Цукрові буряки	1000.0 кг	Цукрові буряки	1000.0 кг	Етанол	100.0 кг
- в т.ч. цукор	175.0 кг	Осад	25.0 кг	Побічні продукти	
- в т.ч. інше	70.0 кг	Вода для технологічних потреб	174.3 кг	CO ₂	95.0 кг
- в т.ч. вода	755.0 кг	Дріжджі та стабілізатори (для процесу ферментації)	18.0 кг	Вода (не очищена)	952.2 кг
				Твердий залишок, в т.ч.:	70.0 кг
				- Целюлоза	14.0 кг
				- Геміцелюлоза	14.0 кг
				- Пектини	32.0 кг
				- інше	10.0 кг

Джерело: DSD

3.4.3 Витрати на виробництво кормів для тварин та на виробництво біогазу

Одним з додаткових продуктів, які можна виробити з бурякової пульпи після дистиляції або з жому цукрових буряків (побічного продукту при традиційному виробництві цукру) є біогаз. З огляду на умови в Україні, компанія Астарта на своєму цукровому заводі в м. Глобино уже побудувала та експлуатує установку для переробки жому цукрових буряків в біогаз, а відповідно не існує потреби додатково купувати технологію та обладнання для виробництва біогазу. Вихід біогазу з 1 т жому варіюється залежно від обсягу завантаження сировини. Сировиною для біогазу є не лише жом, а може бути також ботвина буряків. У випадку Астарті, потужність переробки жому на існуючій біогазовій установці складає 400 т/добу. Всього на даній установці може вироблятися 76 353 м³ біогазу в день. Незважаючи на величезний потенціал виробництва біогазу в Україні, цей ринок є недостатньо розвиненим. Увесь обсяг біогазу, який виробляється компанією Астарта, використовується для виробництва електроенергії на місці. Це допомагає скоротити витрати на електроенергію для забезпечення безперебійної роботи заводу. Відсутність ринку біогазу в Україні може бути потенційно

проблематичною (з точки зору ведення успішного бізнесу); не очікується, що ця ситуація зміниться найближчим часом, оскільки в країні існує лише невелика кількість біоенергетичних установок. Станом на кінець 2016 року в Україні існувало близько 10 крупних біогазових установок, що виробляють електричну енергію, загальною встановленою потужністю 35 МВт. У Державному агентстві з енергоефективності та енергозбереження України вважають, що потенційна кількість біогазу з аграрного сектору може покрити 5,7% енергоспоживання в Україні. Ця цифра не враховує біогаз з полігонів ТПВ, каналізаційних очисних споруд та харчової промисловості³.

Як було відзначено в попередніх розділах, після виробництва біоетанолу методом DP+Beta утворюється водяниста пульпа, яка, окрім можливості використання її субстрату для виробництва біогазу, може також утилізуватись як корм для тварин. Ринок тваринництва в Україні є великим та таким, що зростає протягом останнього часу. Цей ринок охоплює вирощування різних видів тварин – від кролів, овець, свиней та корів, до коней. Відтак прогнозується постійний ріст потреби в кормах для тварин. За інформацією Астарта-Київ, з кожної тони цукрового буряку, переробленого шляхом традиційного способу виробництва білого цукру, можна отримати середньому наступну кількість різних кормів для тварин:

1. З корінців та ботвини буряків можна отримати 0.082 т корму для тварин,
2. З меляси можна отримати 0.016 т корму для тварин,
3. З жому можна отримати 0.064 т корму для тварин.

При використанні методу DP+Beta, вихідними продуктами для виробництва кормів є лише корінці та ботвина буряків, а також бурякова пульпа, з якої можна отримати дещо меншу кількість корму, ніж з бурякового жому, оскільки після DP+Beta в ньому практично не залишається цукру.

На сьогоднішній день компанія Астарта вже виробляє біогаз та корм для тварин з побічних продуктів традиційної технології виробництва білого цукру. В таблиці 3.13 показано виробничі показники цукрового заводу Астарта в 2016 році. Щорічно Астарта може виробляти 116 150 тон вологого жому, який необхідно додатково обробити, щоб отримати з нього біогаз та корм для тварин. В даному розділі наведено калькуляцію витрат на переробку поточних обсягів побічних продуктів від виробництва білого цукру на одному з підприємств компанії Астарта. Важливо усвідомлювати, що при використанні методу DP+Beta кількість корму та/чи біогазу буде меншою, оскільки на виході з основного процесу виробництва етанолу отримуються менші обсяги побічних продуктів. Втім, існують інші потенційні можливості використання таких продуктів, з більшою доданою вартістю (див. Таблицю 3.11).

Таблиця 3.13: Цукрові буряки -> Побічні продукти (жом) Глобинського цукрового заводу компанії Астарта

	Маса перероблених буряків (тон)	Співвідношення (Цукрові буряки: Жом)	Загальний обсяг виробництва жому (тон)
За добу	4208.33	1 : 0.23	967.92
За рік	505 000	1 : 0.23	116 150
Примітка: Сезон виробництва цукру триває 120 днів			

³ Детальніше див.: <http://sae.gov.ua>

Джерело: Астарта

Для переробки бурякового жому в біогаз та корм для тварин компанії Астарта необхідно реалізувати декілька додаткових етапів, які також потребують коштів. Підсушений буряковий жом, що містить лише незначну кількість цукру, планується продавати на корм тваринам. В таблиці 3.14 наведено максимальне добове та річне виробництво корму для тварин, з врахуванням виробничих показників Глобинського цукрового заводу компанії Астарта. Дані в таблиці показують скільки корму для тварин може вироблятися з розрахунку на один день та щорічно, в тонах. За даними компанії Астарта, співвідношення маси перероблених буряків до маси отриманого корму складає 1:0.04. В результаті можна отримати 40 кг гранульованого жому, що відповідає 25 кг сухої речовини (див. склад цукрових буряків в Додатку 2). Це означає, що Астарта може виробляти 168.3 тон на день корму для тварин. В таблиці 3.16а показано оцінку витрат на виробництво такого обсягу кормів. Для Глобинського цукрового заводу компанії Астарта виробничі витрати складають 1905 грн на 1 т корму для тварин, а витрати на виробництво біогазу – 59 600 грн на добу, при максимальній продуктивності 774 333 м³ біогазу на добу.

Таблиця 3.14: Виробництво корму для тварин на Глобинському цукровому заводі компанії Астарта

	Маса переробленого цукрового буряку (тон)	Співвідношення (маса цукрових буряків : Корм для тварин)	Загальне виробництво корму для тварин (тон)
За добу	4 208.33	1: 0.04	168.33
За рік	505 000	1: 0.04	20 200

Джерело: Астарта

Біогаз може вироблятися з цукрових буряків, пресованого жому та бурякової ботвини. Об'єм та якість виробленого біогазу залежать від вхідної сировини для процесу. В загальному випадку, згідно даних компанії Астарта, з 1 т цукрових буряків отримують від 70 до 130 м³ біогазу. З пресованого жому, одного з видів побічних продуктів виробництва цукру, отримують від 30 до 60 м³ біогазу, а з 1 т бурякової ботвини – від 200 до 300 м³ біогазу.

Таблиця 3.15: Виробництво біогазу з побічних продуктів Глобинського цукрового заводу

	Загальна маса побічних продуктів (тон)	Співвідношення (Об'єм біогазу : маса побічних продуктів)	Загальне виробництво біогазу (м³)
За добу	967	800	774 333
За рік	116 150	800	92 920 000

Джерело: Астарта

В таблиці 3.16а наведено дані щодо обсягу виробництва та виробничих витрат для кормів, а в таблиці 3.16b – те ж, для біогазу.

Таблиця 3.16а: Виробничі витрати та обсяг виробництва тваринного корму Глобинського цукрового заводу компанії Астарта

	Загальне виробництво кормів (тон)	Витрати на виробництво кормів (на 1 т)	Загальні витрати на виробництво кормів
За добу	168.33	1 905 грн	320 675 грн
За рік	20 200	1 905 грн	38 481 000 грн

Джерело: Астарта

Таблиця 3.16б: Виробничі витрати та обсяг виробництва біогазу Глобинського цукрового заводу компанії Астарта

	Загальне виробництво біогазу	Витрати на виробництво біогазу	Загальні витрати на виробництво біогазу
За добу	774 333	59 600 грн	59 600 грн
За рік	92 920 000	59 600 грн	7 152 000 грн

Джерело: Астарта

Наведені в таблицях 3.16а та 3.16б розрахунки витрат не стосуються використання методу DP+Beta. За даними компанії Астарта, наведеними в таблиці 3.13, на Глобинському цукровому заводі утворюється майже 1000 тон жому на добу.

3.4.4 Дохід від тваринних кормів та біогазу

При оцінках потенціального доходу та прибутку від реалізації як біогазу, так і тваринних кормів, важливо враховувати тренди ринку у більш довгостроковій перспективі. В даному випадку ринок для біогазу виявляється проблемним: в Україні він досі дуже малий чи навіть не існує (див. також розділ 2). Тому Астарта використовує біогаз Глобинського біоенергетичного комплексу для локального виробництва електричної енергії, для власних потреб комплексу. З кожного кубічного метра біогазу можливо отримати 2.87 кВт·год електричної енергії. Таким чином, загальний потенційний обсяг генерації електроенергії складає 266 680 400 кВт·год на рік, а у випадку застосування технології Бетапроцесу – цей обсяг може бути збільшено приблизно на 10%. В таблиці 3.15 показано, який обсяг біогазу (в м³) за добу та за рік можна отримати з побічних продуктів цукрових буряків. З огляду на відсутність ринкової ціни, неможливо підрахувати грошову вартість біогазу.

Ціни на корм для тварин характеризуються зростаючим трендом. З рисунка 3.5 видно, що в 2017 році ціна на корм для тварин коливалась в діапазоні 3500-4200 грн/т. Щоб унеможливити від переоцінки доходів, в розрахунках прийнято нижню ціну станом на 2016 рік – 3000 грн/т.

Рисунок 3.5: Динаміка зміни цін на тваринні корми в Україні за 2015-2017 р.р.



Джерело: Астарта-Київ

В таблиці 3.17 наведено дані щодо ціни продажу тваринного корму та оцінено потенційний загальний дохід для компанії Астарта. Витрати на виробництво кормів, за інформацією компанії Астарта, складають 1905 грн на 1 тону. З врахуванням цього, в таблиці 3.18 наведено оцінку потенційного прибутку при виробництві кормів для тварин. Можливий прибуток від продажу тваринного корму при ціні принаймні 3000 грн/т складає 22 119 000 грн на рік. Варто зазначити, що наведені величини не є загальним прибутком: враховано лише змінну частину витрат на виробництво 1 т корму. Постійна частина витрат не враховувалась через те, що не було надано достатньої для розрахунків інформації.

Таблиця 3.17: Загальний дохід від виробництва тваринного корму на Глобинському цукровому заводі компанії Астарта

	Загальна маса виробленого корму	Ціна на корм (за 1 т)	Загальний дохід від реалізації корму для тварин
За добу	168.33	3 000 грн	504 990 грн
За рік	20 200	3 000 грн	60 600 000 грн

Джерело: Астарта-Київ

Таблиця 3.18: Прибуток від виробництва тваринного корму на Глобинському цукровому заводі компанії Астарта

	Змінна частина витрат на виробництво корму для тварин	Загальний дохід від реалізації корму для тварин	Прибуток від реалізації корму для тварин
За добу	320 675 грн	504 990 грн	184 315 грн
За рік	38 481 000 грн	60 600 000 грн	22 119 000 грн

Джерело: Астарта-Київ

3.5 Альтернативні варіанти переробки буряків/меляси на існуючих заводах

В розділі 3.2 вже згадувалось про дискусії в суспільстві щодо використання білого цукру в харчуванні, в контексті підвищення рівня ожиріння та інших проблем зі здоров'ям. З огляду на це, можна очікувати, що ринок білого цукру як в Європі, так і в США, буде перебувати під тиском. Так протягом останнього десятиріччя спостерігався спадаючий тренд цін на білий цукор (див. рисунок 3.6), а за прогнозами, враховуючи одночасно зниження споживчого попиту та загальносвітове перевиробництво білого цукру, цей тренд буде зберігатись. Дана ситуація з падаючими цінами може бути гарною мотивацією для розгляду різних можливостей використання цукрового буряку, однією з яких може бути виробництво біоетанолу, оскільки прогнози показують зростаючі тренди попиту та цін на нього в майбутньому (більш детально див. розділ 3.6). Враховуючи позитивні ефекти від використання цукрового буряку в сівозмінах для інших культур, що вирощують після нього, а також інші потенційні продукти, які можна отримати з нього, відмова від вирощування цукрового буряку у перспективі не виглядає найкращим варіантом.

Рисунок 3.6: Світові ринкові ціни на цукор, в доларах США за 1 фунт



Джерело: *Tradingeconomics.com*

Одним з варіантів реакції на вже змінені або змінювані ринкові умови в майбутньому є розроблення гібридної схеми виробництва, що дозволяє легко переходити з виробництва білого цукру на виробництво біоетанолу. На рисунку 3.7 показано, як може виглядати така виробнича схема.

На рисунку 3.7 представлено два варіанти, що можуть бути рентабельними як кожен окремо, так і в комбінації. Перший варіант передбачає створення гнучкої байпасної схеми з переведенням частини або усього обсягу цукрових буряків, за необхідності, під виробництво біоетанолу (подібно до того, як це робиться на заводах з виробництва тростинного цукру в Бразилії). Другий варіант передбачає можливість переробки побічного продукту виробництва білого цукру меляси у біоетанол.

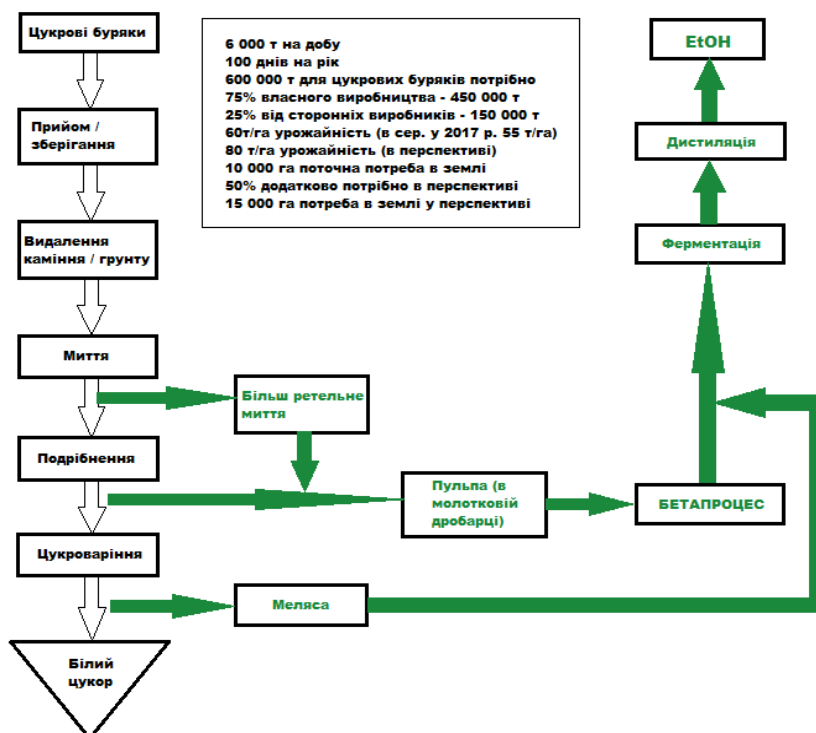
Перший варіант гібридної виробничої схеми реалізується шляхом доповнення уже існуючої лінії другою виробничою лінією, яка може використовуватись для виробництва біоетанолу. Для доповнення існуючої виробничої лінії необхідно створити деякі додаткові виробничі ланки, але оскільки багато з виробничих ланок традиційної технології виробництва білого цукру можуть бути використані одночасно у гібридній схемі, інвестиційні витрати у створення

другої виробничої лінії будуть, очевидно, меншими, ніж при будівництві повністю нового заводу. З того, чим необхідно доповнити виробничу лінію, це більш досконала система промивки, оскільки система DP+Beta має вищі вимоги до вмісту осаду та інших забруднень, що надходять з цукровим буряком (до 2.5 %). Так само, як і у випадку традиційного виробництва білого цукру, цукрові буряки потрібно подрібнити. Іншим доповненням до виробничої лінії є установка Бетапроцесу, в якій реалізується вакуумний вибух, що призводить до руйнування клітинних мембран та вивільнення волокон та інших складових клітини, а відтак – до полегшення та пришвидшення ферментаційного процесу. Ще однією додатковою ланкою є ферментер, в якому відбувається ферментація, і на сам кінець – дистиляційна установка для екстракції етанолу з пульпи.

Другим є варіант, в якому для виробництва біоетанолу використовується меляса, побічний продукт виробництва білого цукру (накопичується та зберігається протягом кампанії з виробництва цукру та переробляється по її закінченні). Для перетворення доступного цукру в мелясу у біоетанол, її необхідно подавати у ферментер, яким необхідно доповнити виробничу лінію. Після ферментера, на виробничій лінії необхідно додатково встановити дистиляційну установку для екстракції етанолу.

У першому варіанті, в частині експлуатаційних витрат може бути використано практично ту ж фінансову модель, яка обговорювалась в попередніх частинах даного розділу (див. також Додаток 1). В другому варіанті, що передбачає використання меляси, необхідно проводити подальше дослідження, що виходить далеко за рамки даної роботи. Втім, щодо цього варто зробити деякі коментарі. З літературних джерел відомо, що вихід етанолу з меляси варіюється в межах 27-32%. Однак це потребує згущення меляси. Для більш детального аналізу необхідно проводити подальше дослідження, що дасть можливість розрахувати бізнес модель переробки меляси, хоча навіть з врахуванням уже відомих параметрів можна припустити, що така технологія також буде економічно привабливою.

Рисунок 3.7: Схема впровадження методу DP+Beta для діючих цукрових заводів



Джерело: DSD

3.6 Динаміка зміни цін на біоетанол

Рентабельність виробництва біоетанолу в Україні залежить власне не тільки від зниження собівартості при використанні методу DP+Beta, а й від ринку біопалив в Україні. При досить низьких цінах на біоетанол, використання методу DP+Beta буде нерентабельним, оскільки вироблений біоетанол буде переважно споживатись як пальне в суміші з викопними видами пального, принаймні за поточних ринкових умов. Очікується, що потреба ринку в біопаливах буде зростати, оскільки український уряд зобов'язався дотримуватись вимог Європейської Директиви з відновлюваних видів енергії (Renewable Energy Directive, RED). У цій директиві міститься вимога домішування біоетанолу в обсязі 7% до традиційних видів пального. В таблиці 3.19 показано динаміку споживання енергії (викопного) пального в Україні. Навіть не зважаючи на щорічне зниження споживання на 2.5% протягом останніх 25 років, перспективний внутрішній ринок для сумішевого пального все ще існує. В будь-якому разі, доцільно інвестувати у виробництво біоетанолу, з огляду на прогноз ціни на нього. В таблиці 3.20 приведено прогноз цін на біоетанол, зроблений Організацією економічного співробітництва та розвитку (OECD). Видно, що очікується загальносвітове зростання цін на біоетанол.

Таблиця 3.19: Розвиток ринку пального в Україні

Рік	Загальне споживання енергії (млн метричних тон нафтового еквіваленту)	Викопне пальне (% до загального споживання пального)	Загальне споживання викопних видів пального (млн метричних тон нафтового еквіваленту)	Середньорічний приріст споживання енергії (%)
1990	252.0	91.8	231 336	-2.5%
2014	105.7	75.3	179 592	

Джерело: Світовий банк

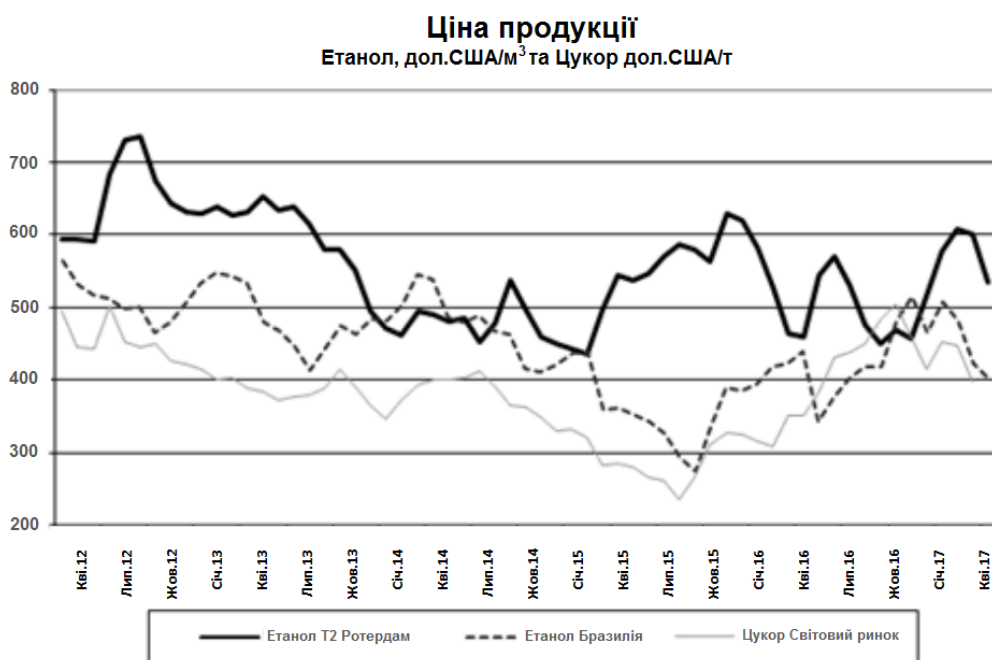
Таблиця 3.20: Прогноз цін на біоетанол на світовому ринку, в доларах США за 1 гектолітр

Продукт	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Біоетанол	51.0	44.5	46.0	47.3	48.4	49.7	50.9	51.9	53.2	54.5
Біодизель	86.9	86.1	88.0	89.4	90.4	90.9	91.3	92.1	92.7	93.2

Джерело: OECD, FAO Agricultural outlook (https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/agr_outlook-2017-en.pdf)

На сьогоднішній день біоетанол в Україні майже не виробляється, оскільки діюча ставка акцизного збору не дозволяє будь-якому виробництву біоетанолу для внутрішнього ринку бути рентабельним (більш детально з цього питання див. розділ 2). В осяжній перспективі можуть бути внесені зміни до відповідного законодавства, однак ризики для проектів з виробництва біоетанолу для внутрішнього ринку залишаються. На сьогоднішній день монополія на ринку етанолу в Україні належить компанії Укрспирт. Тому при виробництві етанолу іншими компаніями, що не входять до структури Укрспирту, рекомендується виробляти його безпосередньо на експорт або ж організувати підмішування біоетанолу в необхідній пропорції до інших типів пального поза межами країни. Відповідно, варто розглянути динаміку зміни цін на біоетанол в ЄС протягом останніх років (Рисунок 3.8). Середня ціна на біоетанол в ЄС протягом останніх 5-ти років утримувалась на рівні близько 0.50 євро за 1 л. Тому таку середню ціну на біоетанол закладено при розрахунку бізнес моделі для поточних умов.

Рисунок 3.8: Ціни на біоетанол в ЄС, в доларах США за 1000 л



На основі статистичних даних IMF та CEPEA (Бразилія)

Джерело: https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual%20The%20Haque%20EU-28_6-19-2017.pdf

3.7 Висновки

За результатами даного дослідження можна зробити висновок, що, окрім традиційного використання цукрових буряків при виробництві білого цукру, існують й інші, економічно життєздатні варіанти їх використання. Це стає ще більш актуальним, з огляду на тренд падіння цін на білий цукор, обумовленого, серед іншого, очікуваним зменшенням потреби в білому цукрі у довгостроковій перспективі (зокрема через дискусії в суспільстві щодо ожиріння).

Цукровий буряк відіграє важливу роль в сівозмінах, покращуючи назагал якість ґрунтів, сприяючи біорізноманіттю та збільшуючи урожайність культур, висаджених після цукрових буряків. Незважаючи на те, що це не обов'язково приведе до створення нових бізнес моделей, оскільки для цього потрібна підтримка з боку усіх гравців в ланцюгу вартості, а найбільш найбільш важливим в даному контексті є, імовірно, добре структуроване законодавство, цікаво розглянути різні варіанти використання цукрових буряків, окрім виробництва білого цукру. До прикладу, пряма переробка з допомогою Бетапроцесу (DP+Beta) робить молекули цукру в буряках безпосередньо доступними. При цьому, на один виробничий етап у схемі переробки стає менше, у порівнянні з переробкою крохмалевмісних культур, таких як злакові чи кукурудза.

В даному дослідженні увагу сфокусовано на використанні цукрових буряків при виробництві біоетанолу з допомогою методу DP+Beta, хоча це є лише однією з можливих альтернатив. Бізнес модель сформульовано таким чином, щоб досягти рентабельності при застосуванні методу DP+Beta. Аналіз параметрів моделі (див. Додаток 1) приводить до висновку, що в Україні використання методу DP+Beta є назагал економічно доцільним. З урахуванням усіх виробничих витрат, собівартість виробництва 1 л біоетанолу складає в середньому 0,431 євро, при середньому рівні цін на цукрові буряки (див. таблицю 3.6), що помітно нижче середньої ціни продажу біоетанолу 0,50 євро/л. Навіть якщо в бізнес моделі розглядається залучення для

проекту зовнішнього фінансування з виплатою відсотків, середня величина собівартості виробництва біоетанолу все ще залишатиметься нижчою за середню ціну його продажу. З огляду на обмежену доступність цукрових буряків протягом усього року, в інший період року необхідно використовувати альтернативні види сировини. Розрахунки показують, що найбільш придатною альтернативною культурою є кукурудза (зерно). В бізнес моделі це означатиме, що в період року, коли перероблятимуться цукрові буряки, середня собівартість виробництва біоетанолу буде трохи нижчою, а в період переробки кукурудзи – трохи вищою. При цьому середньорічна величина такої собівартості все ще буде в допустимих межах, з точки зору реалізації рентабельного бізнес проекту.

Ризики виробництва біоетанолу в Україні, вочевидь, більшою мірою пов'язані з державною політикою в цій сфері. Існуючий розмір ставки акцизного збору на біопальне обумовив призупинення виробництва біоетанолу в Україні. Незважаючи на незначні зусилля в напрямку підтримки виробництва та підмішування біопального до викопних видів пального, закладеної в українській Директиві з відновлюваних джерел енергії (RED), досі залишається незрозумілим, коли це буде реалізовано. Таким чином ринкові передумови є складними, однак в той же час мають великий потенціал.

Посилання

- Balmann, A., Curtiss, J., Gagalyuk, T., Lapa, V., Bondarenko, A., Kataria, K., & Schaft, F. (2013). *Productivity and Efficiency of Ukrainian Agricultural Enterprises*. Retrieved from Kiev: https://apd-ukraine.de/images/APD_APR_06-2013_Efficiency_eng.pdf
- Bonenberger, A. (2017). Not for sale: Private farmland in Post-Soviet Ukraine. *The Wrath-bearing Tree*.
- CIBE-CEFS. (2010). *The EU Beet and Sugar sector: a model of environmental sustainability* Retrieved from http://cibebeta.cibe-europe.eu/img/user/file/Brochure%20CIBE-CEFS%20Final_05_05_2010.pdf
- Deloitte. (2014). *Opportunities for the fermentation-based chemical industry. An analysis of the market potential and competitiveness of North-West Europe* Retrieved from <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/manufacturing/deloitte-nl-manufacturing-opportunities-for-the-fermentation-based-chemical-industry-2014.pdf>
- Frye, T. (2002). The Perils of Polarization: Economic Performance in the Postcommunist World. *World Politics*, 54(3), 308-337.
- Klenk, I., Landquist, B., & Ruiz de Imaña, O. (2012). The product carbon footprint of EU beet sugar. *Sugar Industry Journal*, 62(137).
- Nivievskiy, O., Stepaniuk, O., Movchan, V., Ryzhenkov, M., & Ogarenko, Y. (2015). *Country Report: Ukraine*. Retrieved from Kiev: http://www.agricistrade.eu/wp-content/uploads/2015/06/Agricistrade_Ukraine.pdf
- Segura, E., & Ustenko, O. (2016). *Assessment of the Consequences of Lifting the Land Moratorium in Ukraine*. Retrieved from Kiev:
- Smallbone, D., & Welter, F. (2001). The role of government in SME development in transition economies. *International Small Business Journal*, 19(4), 63-77.
- Smallbone, D., Welter, F., Voytovich, A., & Egorov, I. (2010). Government and entrepreneurship in transition economies: the case of small firms in business services in Ukraine. *Service Industries Journal*, 30(5), 655-670. doi:10.1080/02642060802253876
- USAID. (2016). *Annual Business Climate Assessment*. Retrieved from Washington: <http://www.lev.org.ua/en/abca.html>
- World Bank Group. (2018). *Doing business 2018: Reforming to Create Jobs. Comparing business regulation for domestic firms in 190 economies*. Retrieved from Washington: [http://espanol.doingbusiness.org/~media/WBG/DoingBusiness/Documents/Annual-Reports/English/DB2018-Full-Report.pdf](http://espanol.doingbusiness.org/~/media/WBG/DoingBusiness/Documents/Annual-Reports/English/DB2018-Full-Report.pdf)

Додатки

Додаток 1: Бізнес модель виробництва біоетанолу з цукрових буряків

ВИТРАТИ НА ВИРОБНИЦТВО ЕТАНОЛУ З ВИКОРИСТАННЯМ БЕТАПРОЦЕСУ							
ПРОДУКТИВНІСТЬ ЗАВОДУ	Сировина т/добу	Сезон днів у році	Етанол л/добу	Етанол л/рік	розщеплювані цукри	ефективність процесу	цукор, %
Цукрові буряки	3 000	200	270 000	54 000 000	18%	90%	
Зерно кукурудзи	850	150	267 750	40 162 500	20%	90%	70%
Простоювання		15					
Всього	3 850	365	537 750	94 162 500			
ФІНАНСУВАННЯ	Інвестиції євро	Готівка євро	Кредит євро	Період амортизації років	Період кредитування №	Ставка кредиту (річна) %	Кількість виплат
Завод	€56 920 000.00	€0.00	€67 186 000.00	10	10	4	12
Земля та допоміжні будівлі	€10 266 000.00			30			
СЕРЕДНЯ СОБІВАРІСТЬ ВИРОБНИЦТВА 1 л ЕТАНОЛУ						євро	€ 0.431
ВИРОБНИЧІ ВИТРАТИ							
(ціни в євро)							
Сировина		споживання	ціна	витрати	ВСЬОГО	ВСЬОГО	
		на 1 м3	євро/т	євро			
					БУРЯКИ	ЗЕРНО КУКУРУДЗИ	
БУРЯКИ	за 1 т	11.11	€ 28.0		€ 311.11		
ВИТРАТИ НА ДОСТАВКУ БУРЯКІВ	за 1 т		€ 4.0		€ 44.44		
Зерно кукурудзи	за 1 т	3.17	€ 112.0			€ 355.56	
Витрати на доставку кукурудзи	за 1 т		€ 4.0			€ 12.70	
Реагенти / Ензими	частка	10%				€ 35.56	
сірчана кислота @ 98%	kg	2.29	€ 0.12	€ 0.27			
лійкий натр 25%	kg	3.74	€ 0.10	€ 0.37			
хлорид кальцію	kg	0.00	€ 0.20	€ -			
сечовина	kg	0.00	€ 0.20	€ -			
розчин амонію (NH4)2HPO4 @ 53%P2O5	kg	0.10	€ 0.80	€ 0.08			
K2SO4	kg	0.00	€ 0.20	€ -			
дріжджі	kg	0.125	€ 7.50	€ 0.94			
ризомим	kg	0.000	€ 6.00	€ -			
альфа-амілаза	kg	0.00	€ 5.00	€ -			
аміло глікозидаза	kg	0.00	€ 4.00	€ -			
азотна кислота 50 %	kg	0.40	€ 0.20	€ 0.08			
протистінолючий агент	kg	0.24	€ 1.00	€ 0.24			
HCl 33 %	kg	0.00	€ 0.15	€ -			
поліелектроліт	kg	0.01	€ 5.00	€ 0.05			
гідрофосфат амонію	kg	0.24	€ 0.50	€ 0.12			
Реагенти, всього					€ 2.16	€ 2.16	
метан для виробництва пари	м3	175	0.2570	(на 1000 л EtOH) € 44.98	€ 44.98	€ 44.98	
деревна тріска для виробництва пари	кг	0	0.0544		€ -	€ -	
Очистка котлової води				€ 89 625.00	€ 1.66	€ 2.23	
Видалення золи	кг	0.00	0.0500		€ -	€ -	
Електрична енергія	кВт*год	269	€ 0.05	(на 1000 л EtOH)	€ 13.45	€ 13.45	
Пітна вода	євро			€ 53 775.00	€ 1.00	€ 1.34	
Продажа осадів очистки буряку	кг	44.4	€ 0.05		€ 2.22		
Очистка води з охолоджувальної колонки	євро			€ 86 040.00	€ 1.59	€ 2.14	
Робоча сила	працівників	50	€ 9 500.00	€ 475 000.00	€ 8.80	€ 11.83	
	адміністративний та комерційний персонал			€ 120 000.00	€ 2.22	€ 2.99	
витрати на обслуговування	євро			€ 180 000.00	€ 3.33	€ 4.48	
витрати на лабораторію	євро			€ 56 000.00	€ 1.04	€ 1.39	
загальні витрати	євро			€ 125 000.00	€ 2.31	€ 3.11	
Виплата відсотків за кредитом	євро			€ 1 444 107.02	€ 26.74	€ 35.96	
ЗАГАЛЬНІ ВИТРАТИ на 1 000 літрів етанолу					€ 467.05	€ 529.86	
ЗАГАЛЬНІ ВИТРАТИ					€ 25 220 937.22	€ 21 280 643.48	
СЕРЕДНІ ВИТРАТИ НА 1 000 ЛІТРІВ ЕТАНОЛУ					493.84		
ДОХОДИ		Ціна реалізації 1 л етанолу		€ 0.500			
		Річний оборот		€ 47 081 250			
		Прибуток		€ 579 669			
РІЧНІ ВИРОБНИЧІ ВИТРАТИ ПРОТЯГОМ ПЕРІОДУ ОКУПНОСТІ							
		БУРЯКИ		ЗЕРНО КУКУРУДЗИ		РАЗОМ	
СИРОВИНА	69%	€ 16 800 000	75%	€ 14 280 000	€	31 080 000	
ДОСТАВКА	10%	€ 2 400 000	3%	€ 510 000	€	2 910 000	
РЕАГЕНТИ	0%	€ 116 440	0%	€ 86 602	€	203 043	
КОМУНАЛЬНІ ПОСЛУГИ	14%	€ 3 504 390	13%	€ 2 575 934	€	6 080 324	
ПЕРСОНАЛ	2%	€ 595 000	3%	€ 595 000	€	1 190 000	
ОБСЛУГОВУВАННЯ	1%	€ 180 000	1%	€ 180 000	€	360 000	
ЛАБОРАТОРІЯ	0%	€ 56 000	0%	€ 56 000	€	112 000	
ВІДСОТКИ ЗА КРЕДИТОМ	3%	€ 722 054	4%	€ 722 054	€	1 444 107	
ЗАГАЛЬНІ	1%	€ 125 000	1%	€ 125 000	€	250 000	
	100%	€ 24 498 884	100%	€ 19 130 590	€	43 629 474	
РІЧНИЙ ДОХІД ВІД ПРОДАЖІВ ПРОТЯГОМ ПЕРІОДУ ОКУПНОСТІ							
		Безводний етанол		100%	€ 47 081 250		
				100%	€ 47 081 250		
ЗАГАЛЬНИЙ ПРИБУТОК							
				€ 3 451 776		3 451 776.32	

Додаток 2: Розрахунок виходу етанолу з 1 га для умов України

DP+Beta (пілотний проект)		
1000 кг	цукрових буряків	
189 кг	вміст цукру	0.189
	ступінь конверсії	0.53
100.17 кг	EtOH макс	
	ефективність	0.8
80.136 кг	EtOH факт	
0.789	густина	
101.5665 л	EtOH	

Для умов України		
1000 кг	цукрових буряків	
160 кг	вміст цукру	0.16
	ступінь конверсії	0.53
84.8 кг	EtOH макс	
	ефективність	0.8
67.84 кг	EtOH факт	
0.789	густина	
85.98226 л	EtOH	

85 т/га (середня урожайність цукрових буряків)
8633.156 л EtOH на 1 га

50 т/га (середня урожайність цукрових буряків)
4299.113 л EtOH на 1 га

для умов Нідерландів		
1000 кг	цукрових буряків	
180 кг	вміст цукру	0.18
	ступінь конверсії	0.54
97.2 кг	EtOH макс	
	ефективність	0.9
87.48 кг	EtOH факт	
0.789	густина	
110.8745 л	EtOH	

для умов ЄС		
1000 кг	цукрових буряків	
170 кг	вміст цукру	0.17
	ступінь конверсії	0.54
91.8 кг	EtOH макс	
	ефективність	0.85
78.03 кг	EtOH факт	
0.789	густина	
98.89734 л	EtOH	

85 т/га (середня урожайність цукрових буряків)
9424.335 л EtOH на 1 га

60 т/га (середня урожайність цукрових буряків)
5933.84 л EtOH на 1 га