

# ЄВРОІНТЕГРАЦІЯ УКРАЇНИ ТА ЕКОНОМІЧНА БЕЗПЕКА ДЕРЖАВИ

---

УДК 620.925-043.86(477):62-634.5

DOI: 10.24144/2078-1431.2023.2(31).148–167

*Микола Калінчик,*  
доктор економічних наук,  
завідувач відділу економіки Інституту землеробства НААНУ  
*Анна Слободяник,*  
кандидат економічних наук, доцент кафедри маркетингу  
Національний університет біоресурсів  
і природокористування України

## ЧИ Є В УКРАЇНИ ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБЛЯТИ І ВИКОРИСТОВУВАТИ БІОДИЗЕЛЬ?

*Україна, яка лише на 25 % забезпечена власними енергоресурсами, стоїть перед дилемою: імпортувати нафту й газ з негативними екологічними наслідками чи вирішити проблему можливого виробництва біопалива з відповідним різким скороченням парникових викидів. Звідси актуальним є системне дослідження ланцюгу виробництва біодизеля, за результатами якого стає можливим об'єктивно оцінити його варіанти та прийняти рішення з мінімумом ризиків невизначеності.*

*У статті висвітлено розроблену авторами методичку оптимізації й генерування варіантів економічного стану заводів з виробництва біодизеля в ринковому середовищі залежно від їх техніко-технологічних характеристик, зроблено спробу внести аналітичну ясність в комбінацію «потужність заводу-вихід олій-параметри системи» як основи подальших досліджень.*

**Ключові слова:** біодизель, олійність ріпаку, потужність заводу, шрот, гліцерин, ланцюг.

*Ukraine, which has only 25% of its own energy resources, faces a dilemma: to import oil and gas with negative environmental consequences or to solve the problem of possible biofuel production with a corresponding sharp reduction in greenhouse emissions. Therefore, a systematic study of the biodiesel production chain is relevant, based on the results of which it becomes possible to objectively evaluate its options and make a decision with a minimum of uncertainty risks.*

*The article highlights the methodology developed by the authors for optimizing and generating variants of the economic status of biodiesel production plants in the market environment depending on their technical and technological characteristics, an attempt is made to bring analytical clarity to the combination of “plant capacity-oil output-system parameters” as a basis for further research.*

**Keywords:** *biodiesel, rapeseed oil content, plant capacity, meal, glycerin, chain.*

В умовах дефіциту енергоресурсів та екологічного навантаження на навколишнє середовище актуальною стає проблема виробництва та використання біопалив. Якщо у світі розвиток галузей біопалив набирає обертів з прогнозами збільшення їх виробництва у 2050 р. порівняно із 2015 р. у 7 разів, то в Україні з 2019 р. статистика не залишила про нього спогадів у звітності. При цьому вітчизняна наука обґрунтовує надзвичайно високу ефективність виробництва біодизеля за умови врахування вартості насіння ріпаку за собівартістю у витратах виробництва біодизеля, а практика, як критерій істини, ігнорує такі докази. Така діаметрально різна динаміка розвитку подій потребує більш детального наукового розгляду проблеми виробництва біопалив.

Наукова новизна статті полягає у моделюванні ланцюгу від виробництва насіння ріпаку, його транспортування до вибору альтернативних варіантів діяльності заводів, що одержані за різної комбінації техніко-технологічних їх параметрів та вартості ресурсів на вході-виході системи. Практична значущість – результати дослідження допомагають системному баченню проблем та можливих шляхів організації виробництва біодизеля з мінімумом ризиків.

З розвитком світового виробництва біопалив після наукових пошуків країни ЄС знайшли свою нішу – виробництво біодизеля з власного і імпортованого насіння ріпаку, країни Південної Америки – біоетанола з цукрової тростини, країни Азії (Малайзія та Індонезія) – біодизеля з пальмової олії тощо. В Україні ж був бум щодо планів виробництва біодизеля з насіння ріпаку та біоетанолу – з цукрових буряків. Після зупинки діяльності підприємств з виробництва біопалив вітчизняна наука активно долучилася до дослідження проблем можливого його відродження з оновленням забутих планів. Аналіз пропозицій та рекомендацій вітчизняних вчених щодо проблем можливого ефективного виробництва біодизеля можна звести до 4-х напрямів: 1) оцінка сировини – насіння ріпаку за собівартістю [2; 3; 4; 5; 6] з висновком, що дрібні заводи (0,3-1 тис. т) найефективніші [7, 8, 9, 10, 11, 12]; 2) за всіма дослідженнями, що нами проаналізовані, вчені-економісти наводять вихід олії з насіння ріпаку на рівні 35-37 % (замість 27-32 %, що характерно для дрібних заводів потужністю 1000 т), що на дрібних установках не досягається без застосування екстракційної технології. Як відмічають німецькі вчені, на дрібних установках без екстракційної технології вихід олії становить 30 %, а з екстракцією – 42 % [13]; 3) пропозиції виробляти в Україні неймовірно високі обсяги біопалив – до 9 млн т [14,15] без обґрунтування ринків збуту та потреб інвестицій для виробництва, зберігання, транспортування біопалив тощо; 4) зу-

силля вчених-інженерів та практиків у напрямі зменшення залишків олії в шроті та удосконалення каталізаторів, зокрема застосування кавітаційних (ультразвукова, гідродинамічна тощо) методів тощо (НУБіП, Національний університет харчових технологій [16], Полтавський завод «Укрбудмаш»[17], Національний технічний університет України «КПІ», УкрНДІ-ПВТ ім. Л. Погорілого, ТОВ «Науково-дослідне виробниче підприємство «Біоресурс», інжинірингово-виробниче підприємство «Тренд», ТОВ «НДІ альтернативних палив» тощо). У цілому ж економічному дослідженню проблем виробництва біодизеля Г.В. Яворова дала таку оцінку: «Питання вирощування ріпаку і виробництва з нього біодизеля в Україні, сьогодні здебільшого мають лише постановочний характер» [4].

Результати дослідження, вичерпність основних мінеральних енергоносіїв, які погіршують екологічну ситуацію, змушує країни світу вести пошук альтернативних і відновлювальних видів енергії. Особливо важливі відновлювальні види енергії для України, економіка якої лише на чверть забезпечена власними енергоресурсами. На сьогодні у світі склалися два варіанти стратегії щодо виробництва біодизеля та біоетанолу: 1) імпорт сировини – насіння ріпаку, пальмової олії та зерна країнами з дефіцитом земельних ресурсів та 2) збільшення виробництва біопалив країнами із високим рівнем землезабезпечення, до яких належить також Україна.

Політична ейфорія щодо досягнення виробництва біопалив в астрономічних обсягах за будівництва біодизельних заводів та реалізації планів завантаження цукрових заводів виробництвом біоетанолу реально закінчилася подальшим скороченням кількості цукрових заводів та зупинкою недавно побудованих біодизельних заводів. В Україні за короткий час було побудовано 14 біодизельних заводів загальною потужністю 300 тис. т за рік (у середньому 21 тис. т за рік, а без врахування Івано-Франківського заводу потужністю 170 тис. т за рік – 10 тис. т за рік), але достовірної інформації про фактичну діяльність їх немає [18; 19]. За даними керівника сектору «Енергетика» Офісу ефективного регулювання BRDO Антона Зоркіна, в Україні в 2019 р. було вироблено всього 70 тис. т рідкого біопалива [19] (згідно з Державною агенцією із статистики України – найбільше за всі роки виробництва з 2013 р., а з 2020 р. інформація відсутня). Крім того, є близько 50 дрібних підприємств, здатних виробляти до 25 тис. т біодизеля за рік (у середньому 0,5 тис. т за рік), також з невідомими для статистики обсягами виробництва.

Що стосується подальших перспектив України, то представник компанії ETG Андрій Біленький категоричний: необхідні потужності для виробництва біодизеля в Європі вже побудовані, і тому немає сенсу створювати в Україні такі потужності. Україні потрібно продовжувати постачати до ЄС сировину для виробництва біодизеля. Перспектива біодизеля в Україні – виробництво в невеликій кількості аграріями для власного споживання [20]. І це при тому, що в Україні в розрахунку на 1 жителя до 10 разів більше земельних ресурсів, ніж в Європі. Мабуть, доцільно розробити серйозні математичні моделі із системного дослідження, досягнення конкурентних переваг на ринку біопалив і чітко визначитися з перспективою України у

цьому енергетичному сегменті. У той же час, згідно з прогнозами Міжнародного агентства з відновлюваних джерел енергії (IRENA), для задоволення зростаючого попиту світової економіки загальне виробництво рідкого біопалива зросте від 129 млрд літрів у 2015 р. до понад 900 млрд літрів у 2050 р. Майже половина цієї суми буде звичайним біопаливом, інша половина – біопаливом нових поколінь із сировини більш широкого спектру [21]. Багато експертів припускають, що до 2050 р. глобальне виробництво біодизеля буде збільшено до 277 млн т на рік [22]. При цьому основні виробники біопалив мають дефіцит земельних ресурсів для подальшого нарощування виробництва біодизеля. За такого прогнозного зростання виробництва біопалив перед Україною, яка має понад як у 4 рази вищу земельне забезпеченість порівняно із світовим рівнем, відкривається можливість «захопити» якусь частку цього світового енергетичного «біопирога».

Для участі в цих енергетичних перегонах необхідно визнати, що виробництво біопалив – це складна проблема, яка потребує системного рішення. Науковці Заходу щодо власне виробництва біодизеля, як організаційно-технологічної системи, розділяють її на три стадії життєвого циклу: 1) виробництво сировини (вирощування, збирання, транспортування та зберігання олійних культур, а також виробництво та транспортування всіх необхідних хімікатів для потреб установки з переробки насіння ріпаку); 2) попередня обробка (подрібнення, екстракція та очищення) сировини та перетворення шляхом етерифікації/переетерифікації на біодизель; 3) зберігання, поширення та транспортування до автозаправної станції та остаточне спалювання біодизеля [23]. Ключовий модуль системи, а саме діяльність заводу, включає різноманітну сировину, низку технологічних альтернатив, а також різні послідовності та умови його розділення/очищення. У такій складності можуть бути суперечливі критерії проектування системи, такі, як економічна ефективність і екологічна стійкість. Найбільш критичними та важливими рішеннями для проектування мережі постачання біодизеля є територіальне розміщення та оптимальна кількість установок з його виробництва, обсяги виробництва біопалива, технологічні варіанти, відповідна логістика та засоби транспортування, а також оптимальний потік матеріалів [23]. Тобто без оптимізації всього ланцюга поставок ресурсів та кінцевої продукції важко уявити, яких же розмірів за потужністю повинні бути заводи з виробництва біодизеля в територіальному розрізі та в масштабі України і як у них буде змінена структура сівозмін, виходячи з відповідних ринкових та екологічних вимог. Окрім оптимізації стадій життєвого циклу, західні дослідники розробили дизайн ланцюга поставок для гібридного біодизеля першого (рослинні і тваринні жири, крохмаль і цукор), другого (нехарчові або залишкові частини рослин) і третього (переробка водоростей) поколінь з урахуванням конкуренції за землю між їстівними та неїстівними енергетичними культурами. Зокрема, таке комплексне проектування з допомогою оптимізаційних моделей проведено в Аргентині та Бразилії як основних виробників біопалив у світі, з одночасним визначенням кількості заводів, територіального розташування та потужності постачальників сировини, центрів збору та

видобутку олії, біопереробних заводів і розподільних центрів та способів транспортування між різними шарами мережі виробництва біодизеля із сировини 1, 2 і 3-го поколінь [23].

Безперечно, що створення розподіленої по території та реалізації в часі системи управління ланцюгом поставок у середовищі стадій життєвого циклу виробництва біодизеля неможливо розробити окремим аматорам від науки. Повинна бути розроблена інтегрована система у вигляді взаємопов'язаних оптимізаційних моделей зі своїми входами-виходами інформації. Математична формалізація кожного окремого модулю дозволить провести варіанти оптимізаційних розрахунків із статистичною оцінкою одержаних в них результатів. Після таких процедур з кожним модулем їх можна знову звести в загальну систему, яка дозволить розраховувати проектні сценарії стадій життєвого циклу виробництва біодизеля, зокрема в першу чергу вирішити питання щодо запровадження комбінації виробництва біодизеля першого, другого і третього поколінь, територіального їх розміщення, потужності заводів, їх кількості, центрів зберігання, розподілу біопалив серед внутрішніх споживачів та можливих ринків збуту.

Проте раніше до упорядкування управлінських, організаційних та природоохоронних елементів системи з виробництва біодизеля необхідно розібратися з основним модулем системи – можливості виробництва біодизеля в умовах України, собівартість якого буде нижчою від ціни мінерального дизеля. Виробники біодизеля в Європі та США визначилися, що виробничі витрати можна достатньо знизити завдяки використанню переваг економії на масштабі, а тому продовжують й далі переходити на більш потужні заводи з виробництва біодизелю. Хоча нині середня потужність установок з виробництва біодизеля становить близько 40 тис. т за рік, передбачається, що в найближчому майбутньому будуть побудовані установки потужністю до 800 тис. т [24], а в деяких інших країнах – навіть до 1 млн т біодизеля на рік [23]. При цьому економія інвестицій у розрахунку на 1 т потужності заводу з виробництва біодизеля зростає з підвищенням річної потужності заводу. Нами розраховано величину вартості заводу залежно від його річної потужності на основі канадської інформації [25]:

$$V_i = d_k * k * [699,7178 * (\frac{N_z}{1000})^{0,6743}]$$

де  $V_{zi}$  – вартість заводу  $i$ -ї потужності, тис грн;

$(N_z)$  – потужність заводу за рік, т;

$k$  – коефіцієнт здешевлення вартості заводу при його будівництві за вітчизняними проектами;

$d_k$  – курс долара, грн.

Розрахунки, проведені з допомогою цього рівняння, показали, що за потужності 1740 т біодизеля за рік інвестиції на 1 т потужності становили 580 дол США, а за потужності 103 тис. т – 154 дол США, або у 3,8 раза менше. Відповідно й амортизаційні витрати, сума кредитів з відсотками та поточний ремонт, які займають 5-10 % в собівартості біодизеля, будуть на стільки ж нижчі. Масштаб виробництва, як бачимо, істотний, якщо

не головний, чинник, що впливає на техніко-економічні характеристики виробництва біодизеля. Здешевлення вартості заводу відбудеться, якщо будувати заводи з вітчизняних комплектуючих. Тому українські експерти пропонують категорично відмовитися від імпорту біодизельного устаткування, а через тендерний механізм вибрати вітчизняних виробників біодизельних заводів («Укрбудмаш», ТОВ «Біодизель Дніпро», Краматорський НВП «Спеціальні технології», Київський НВО «Тренд») тощо [17], які можуть будувати заводи потужністю до 100 тис. т біодизеля за рік навіть з використанням кавітаційних технологій.

Незважаючи на існуючі різні підходи до виробництва біодизеля, другим чинником додаткового зниження собівартості біодизеля є розробка економічно ефективного та міцного каталізатора з ефективними методами виробництва та використанням різноманітної сировини [23]. Ці два чинники модуля в системі виробництва біодизеля призводять не тільки до підвищення якості біопалива та похідної продукції (гліцерин, шрот), а й до економії матеріальних витрат та капітальних вкладень. Великомаштабне виробництво – це в першу чергу низький вміст залишків олії в ріпаковому шроті (0,5–2 %) [26], що пов'язаний з методом екстракції олії – розчинником (бензин, гексан, нефрас) з різними інноваційними технологічними методами.

Основна особливість технічних характеристик заводів з виробництва біодизеля – це різна частка олії, яка залишається в шроті (макусі). Олію одержують методами пресування, екстрагування або їх комбінацією: – за використання одного механічного пресу (форпрес) в макусі залишається близько 15-20 % олії (для потужності установок до 5 тис т за рік) [27; 28; 29]; двома (останній – еспелерні преси) – 6-9 % (до 40 тис т біодизеля), а за глибокого вилучення олії у два етапи (потужність понад 40 тис т): механічне пресування насіння і подальше екстрагування олії – у шроті її залишається 1,5-2% [27; 28]. Деякі експерти зазначали, що на функціонуючих низькопродуктивних кустарних біодизельних установках залишається в макусі до половини вмісту олії [30]. Навіть німецькі установки з холодним пресуванням залишали в макусі до 15 % олії [31, с. 13]. На вітчизняних великих заводах з двома пресами (понад 5 тис т за рік) з переробки насіння ріпаку залишкова олійність у шроті досягає 14 %, а подібні до них німецькі та чеські фірми (залишають у шроті 8–9 % олії) є надзвичайно дорогими [32; 33]. Тобто чим вища потужність установки з виробництва біодизеля, тим менше олії залишається в шроті.

Безперечно, що тенденція зміни залишку олії в шроті буде покращуватися залежно від удосконалення світовими дослідниками різних реакцій переетерифікації в реакторах: кислотно-каталітичної, лужно-каталітичної, ферментативно-каталітичної із застосуванням нанокаталізаторів (гетерогенний ZnO, легований Ni, CaO і т.д.) та кавітаційних технологій (ультразвукова, гідродинамічна), які прискорюють процеси одержання біодизеля та призводять до економії технологічних ресурсів тощо. Але закономірність буде залишатися: дрібні заводи застосовують один прес, більш потужні – два і найбільш потужні – ще додатково екстракцію олії розчинником.

За вмісту олії в насінні ріпаку 50 % і потужності заводу 100000 т у шроті залишиться 1,4 %, а потужністю 1000 т – 15,55 %. Тоді на виробництво 1 т біодизеля потреба в насінні ріпаку для заводів таких потужностей буде відповідно становити 2,05 і 2,89 т. Ще більша різниця в потребі за нижчої олійності насіння ріпаку (45 %) – відповідно 2,28 і 3,38 т. Тобто на установках низької потужності необхідно переробити на 0,8-1,1 т більше насіння ріпаку, ніж на потужних заводах, щоб одержати по 1 т біодизеля. Оскільки насіння ріпаку у витратах виробництва біодизеля займає найбільшу частку (близько 90 %), то саме насіння з високим вмістом олії та технологічна можливість збільшення її виходу на потужних заводах є основними чинниками досягнення стану ефективного виробництва біодизеля.

Дискусійними є пропозиції економістів України, що дрібні заводи, які виробляють біодизель із власного насіння ріпаку, повинні враховувати його вартість за собівартістю вирощування, а потужні заводи змушені купувати ріпак за ринковою ціною. Тому дослідники й здійснюють розрахунки виробництва собівартості 1 т біодизеля за двома варіантами: 1) при використанні сировини власного виробництва; 2) при використанні купувальної сировини [2; 3] та відмічають, що перший варіант дуже ефективний [4], а за другого виробник біодизеля не може бути конкурентоспроможним без субсидій [4]. Виходячи з цих висновків, важко зрозуміти стратегію деяких розвинених країн світу, які вже мають заводи потужністю 200 тис. т біодизеля та планують збільшити потужності до 0,8-1 млн т. А як бути з розрахунками, наприклад, німецьких учених, що собівартість 1 кг біодизеля на невеликих заводах (1,5 тис. т за рік) майже удвічі вища, ніж на великих заводах (понад 40 тис. т за рік) [31, с. 25].

Окремі вчені вбачають шлях підвищення ефективності дрібних установок, окрім оцінки сировини за собівартістю, ще і підвищення урожайності насіння ріпаку. За досягнення урожайності на рівні 5 т з 1 га з переробкою на біодизель собівартість останнього буде у 2,5 раза дешевішою порівняно з дизельним паливом. У разі переробки купленого насіння ріпаку виробництво біодизеля буде збитковим [10]. Тобто за використання власного насіння ріпаку в Україні великі заводи з виробництва біодизеля повинні бути ліквідовані, а розвиток одержать лише дрібні (0,3-1 тис т за рік) установки. Проте одночасно виникає запитання: як довго може розвиватися галузь виробництва насіння ріпаку, яка віддає сировину за собівартістю – за нульової його рентабельності. Такий простий шлях щодо ефективності застосовували за часів Радянського Союзу – прибутки від виробництва продукції тваринництва не перекидали збитків кормовиробництва (галузь займала 40-80 % площ ріллі), які передавали корми за собівартістю. Організаційно цю ідею щодо виробництва біодизеля за оцінки сировини – насіння ріпаку за собівартістю – вчені пропонують реалізувати на основі розвитку обслуговуючих сільськогосподарських кооперативів [11].

Окремі вчені-економісти, на противагу підходам Заходу щодо розгляду стадій життєвого циклу виробництва біодизеля як організаційно-технологічної системи, застосовують SWOT-аналіз, який виявив розрізнені завдання землеробського напрямку: 1) інвестиції у програми селекції на

розвиток високопродуктивних культур; 2) стимули для залучення у виробництво необроблюваних земель (залучити 5,2 млн га вільних земель); 3) інвестиції в інфраструктуру біопалива; 4) створення Державної агенції з біопалива [12], в результаті чого установки з виробництва біодизеля досягнуть 104 % рентабельності [5, с. 11; 6] або ж навіть 124,6 % [11]. За реалізації цієї ідеї авторів (попри проблеми будівництва заводів, потужності, кредитування, територіального розміщення тощо та ефективності їх функціонування) відмітимо наступне. За урожайності насіння ріпаку 2,5 т/га з 5,2 млн га землі буде одержано 13 млн т ріпаку, наприклад, олійністю 45 %. З його кількості на заводах потужністю 100 тис. т біодизеля буде одержано 5,7 млн т біодизеля, 7,1 – шротів і 0,6 млн т гліцерину, а на установках потужністю 1000 т – відповідно 3,8, 9,0 і 0,4 млн т. Тут виникають додаткові запитання щодо ринків збуту макухи (не шроту через високий вміст олії) та сирого (неочищеного) гліцерину, ціна якого на світовому ринку у 3-10 разів нижча від очищеного.

За даними Державної агенції із статистики у 2021 р. у тваринництві було використано 15 млн т концентратів (включаючи шрот соняшнику, сої та ріпаку). Зрозуміло, що додатково 9 млн т шроту ріпаку не буде використано у тваринництві, а розширення ринку шроту насіння ріпаку пов'язане з його якістю. Групування країн світу за ціною експорту шроту насіння ріпаку (2021 р.) показало, що Україна мала найнижчу ціну серед країн світу – 241,3 дол США за 1 т (позаду 5 країн: Того, Шрі-Ланка, Кот д'Івуар, Афганістан, Нігерія). Для підвищення ціни експорту необхідно вирощувати насіння ріпаку класу «00» (нульовий вміст ерукової кислоти та глюкозинолатів) та виробляти біодизель на потужних заводах (понад 40 тис. т). Те ж саме можна сказати про валові обсяги біодизеля: скільки його можна використати як добавку до мінеральних палив для внутрішніх потреб і з його надлишками яку країну потіснимо на світовому ринку?

Щодо гліцерину, то сьогодні 90 % його виробляється як побічний продукт на заводах з виробництва біодизеля. Для потреб різної промисловості з гліцерину видаляють домішки (жирні кислоти, метанол, каталізатор тощо), у звичних технологіях або ж за допомогою більш складних розділень. Зарубіжні вчені відмічають таку закономірність – гліцерин великомасштабної системи має високу якість та із незначною очисткою постачається в різні галузі промисловості, тоді як системи малого масштабу – на ділянку очищення до відповідних стандартів або ж утилізується з необхідним врахуванням оцінки життєвого циклу біодизеля в навколишньому середовищі, що похідно спричиняє додаткове екологічне та економічне навантаження [26]. В основному з дрібних установок гліцерин застосовується в якості висококалорійного палива для опалювальних котлів [34; 35] або ж разом із макухою може використовуватися для виробництва біогазу [36], у біотехнологічній галузі як субстрат для культивування мікроорганізмів, виробництва фосфорних добрив [35] тощо. Тобто виробництво гліцерину у великих обсягах потребує системного вирішення його перерозподілу між сегментами можливого його споживання у різних галузях та визначення, які при цьому необхідні інвестиції, додаткові матеріально-технічні ресурси тощо.



Поки що, як ми вже відмічали, про обсяги виробництва біопалив із 2020 р. вітчизняній статистиці нічого невідомо. Щоб в'янути, чому заводи перестали виробляти біодизель, застосуємо попередньо розроблену нами модель [1] у натуральному та вартісному виразах «витрати–випуск» заводу з виробництва біодизеля з включенням блоку «автотранспорт» з оновленням деяких технологічних та цінових параметрів. У середовищі Excel можна здійснювати варіантні розрахунки й задавати такі показники, як потужність заводу, рівень урожайності насіння ріпаку, вміст у ньому олії, частка його посівів у сівозмінах, й одержувати всі техніко-технологічні показники виробництва біодизеля. З допомогою цієї моделі можна також знаходити потужність заводу, коли відома олійність сировини – насіння ріпаку за умови виходу на нульову рентабельність. Або ж почергово змінювати показники вартості: заводу, насіння ріпаку, шроту та гліцерину та як це впливає на кінцевий результат. Щоб якимось чином наблизитися до істини в проблемі ефективності, необхідно оцінити за ринковими цінами технологічні параметри щодо розподілу насіння ріпаку на складові елементи входу (насіння ріпаку) – виходу (біодизель, шрот, гліцерин) з результатом нульового вартісного балансу між ними (табл. 1).

Таблиця 1

**Варіанти технологічного розподілу продуктів заводу з виробництва біодизеля за умов різної олійності насіння ріпаку з досягненням вартісної рівноваги між входом (ціною насіння ріпаку) та виходами системи**

Назва продукції	Вміст олії в насінні ріпаку, %			
	42,5	45	47,5	50
Вихід олії з ріпаку, %	40,7	40,7	40,7	40,7
Вміст олії в шроті, %	1,8	4,3	6,8	9,3
Технологічний розподіл у фізичному вимірі, т				
Насіння ріпаку, т	217832	131000	85159	53812
Ріпакова макуха, т	125944	75740	49236	31112
Потужність заводу (PME), т	88977	53509	34785	21980
Гліцерин, т	9243	5559	3614	2283
Вартість насіння ріпаку та складових виходу продукції, млн. грн.				
Насіння ріпаку	5228	3144	2044	1291
Ріпакова макуха	1123	675	439	277
Потужність заводу (PME)	4036	2427	1578	997
Гліцерин	68	41	27	17

Оскільки об'ємна вага дизельного палива дорівнює 0,88 кг/л, а на заправних станціях в першій половині травня 2023 р. ціна дизельного пального становила 43,87 грн за 1 л, то ціна 1 т його складатиме 49,9 тис. грн ( $1000 \cdot 43,87 / 0,88$ ). З урахуванням того, що біодизель має 91 % енергоємності

дизельного палива, тому остаточна ціна 1 т біодизеля не може перевищувати 45,4 тис. грн ( $0,91 \cdot 49,9$ ). За ринкових цін на 1 т насіння ріпаку – 24,0 тис. грн (експортна ціна 2021 р. і курс долара – 36,94 грн), шроту – 8,9 (експортна ціна 2021 р.), гліцерину – 7,7 (світова ціна на неочищений гліцерин у 2020 р.) та 45,4 тис. грн – біодизеля завод досягне нульового балансу (виручка від реалізації РМЕ, шроту і гліцерину за мінусом вартості сировини – насіння ріпаку) за різної потужності заводу залежно від рівня олійності насіння ріпаку (наприклад, 22 тис. т біодизеля за рік навіть за 50 % олійності насіння ріпаку).

За сьогоденного рівня цін та їх співвідношення між продуктами технологічного розподілу насіння ріпаку нульова рівновага (різниця між вартістю насіння ріпаку і виходом продукції – вартістю біодизеля, шроту і гліцерину без витрат трудових і матеріально-фінансових ресурсів) досягається за високої потужності заводів, на яких вихід олії значно вищий, ніж на дрібних заводах. Звернемо увагу на такий факт: за 2010-2021 р. варіація експортних цін насіння ріпаку та шроту складала 16-18 %. Тобто в реальних ринкових умовах можуть бути різні комбінації цін за роками на складові технологічного розподілу ресурсів з великими відхиленнями, що створює додаткові економічні проблеми для побудованих або ж тих, що проєктуються, заводів з виробництва біодизеля, адже навіть потужні заводи можуть опинитися в ризикованій зоні збитковості.

Окрім витрат власне насіння ріпаку, що ми вище розглядали, функціонування заводу з виробництва біодизеля протікає згідно з відповідними технологіями, де витрачаються ще задіяні ресурси (трудові, енергетичні, хімічні тощо). Тому розглянемо економічні показники за різної потужності заводів та якісних характеристик сировини – насіння ріпаку та як це впливає на можливість ефективної організації діяльності заводів з виробництва біодизеля за сучасних досягнень науки і практики в реальному ціновому середовищі (табл. 2).

Аналіз варіантів включення вартості насіння за собівартістю показує, що нульової рентабельності можна досягти за потужності заводу 1444 т біодизеля за рік й 45 % олійності ріпаку (варіант 1), а завод потужністю 1000 т – за 47,02 % олійності сировини (варіант 2); за нижчого рівня олійності насіння ріпаку (варіант 3) завод потужністю 1000 т на кожній 1 т біодизеля одержить 1,7 тис. грн збитку. Якщо ж насіння ріпаку оцінити за ринковими цінами (варіант 4), то збиток на 1 т біодизеля досягне 20,6 тис. грн. Причина збитковості дрібних заводів – великі залишки олії в макусі (шроті). З цього приводу слід прислухатися до думки кандидата технічних наук, керівника ТОВ «Рапсодія» Ігоря Антоніка, який у своєму підприємстві мав установку з виробництва біодизеля. За примітивних технологій так виходить, що вартість тільки олії (без витрат наступної переробки на біодизель) зрівнялася з роздрібною ціною солярки на АЗС. До того ж за відсутності стандартів на виробництво біодизеля ризиковано займатися біодизелем за наявності контролюючих служб [37]. Тобто за таких обставин виробництво біодизеля на дрібних установках є ще більш збитковим. Звідси виникає запитання: а які ж проблеми щодо можливого виробництва біодизеля на більш потужних заводах у ринкових умовах (табл. 3).

Таблиця 2

**Варіанти результативності діяльності дрібних установок  
з виробництва біодизеля залежно від методу оцінки  
вартості сировини – насіння ріпаку**

Показники	Технологічні та економічні комбінації			
	1 <sup>1)</sup>	2 <sup>1)</sup>	3 <sup>1)</sup>	4 <sup>2)</sup>
Потужність заводу, тис. т	1444	1000	1000	1000
Урожайність, т/га	2,5	2,5	2,5	2,5
Обсяг виробництва, т	4856	3164	3381	2891
Вміст олії в сировині, %	45,0	47,02	45	50,0
Вихід олії, %	29,6	31,5	29,5	34,5
Ціна реалізації ріпаку за 1 т, грн	16147	16147	16147	23998
Середня відстань перевезень, км	8,0	6,5	6,7	6,2
Вартість заводу, тис. грн.	32919	25693	25693	25693
Технологічні затрати, тис. грн у т.ч.:	65515	45366	47035	65940
- насіння соняшника	78406	51096	54601	69372
- ріпакова макуха	-29815	-18907	-20813	-16504
- гліцерин	-1108	-767	-767	-767
- мильна вода	-15	-11	-11	-11
- жирові субстанції	-77	-50	-54	-46
- метанол	3499	2423	2423	2423
- КОН (гідрат окису калію)	358	248	248	248
- стабілізатор	43	30	30	30
- добавка	58	40	40	40
- холодне пресування	300	196	209	179
- кінцеве пресування	255	161	178	141
- пар	580	368	405	321
- оплата праці	1989	1952	1952	1952
- амортизація	3292	2569	2569	2569
- поточний ремонт	1646	1285	1285	1285
- інші витрати, грн.	242	203	203	203
- транспортні витрати	285	166	173	141
- загальногосподарські витрати	218	183	183	183
- кредит з відсотками за рік	5357	4181	4181	4181
Повна собівартість 1 т РМЕ, грн	45366	45366	47035	65940
Ціна 1 т біодизеля (РМЕ), грн	45366	45366	45366	45366
Прибуток за 1 т РМЕ, грн	0	0	-1670	-20574
Вихід супутньої продукції, т:				
- гліцерин	150	104	104	104
- ріпакова макуха	3344	2121	2335	1851

Варіанти: 1) оцінка сировини за собівартістю насіння ріпаку різної олійності;  
2) оцінка сировини максимальної олійності за ринковою ціною.

Таблиця 3

**Вплив комбінації техніко-технологічних та цінових чинників, що забезпечують нульовий рівень рентабельності виробництва біодизеля**

Показники	Варіанти включення ресурсів в собівартість біодизеля			
	1	2	3	4
Потужність заводу, тис. т	100000	52428	52707	82877
Урожайність, т/га	2,5	2,5	2,5	2,5
Обсяг виробництва, т	208307	128718	121807	181852
Вміст олії в сировині, %	49,2	45,0	47,5	47,5
Вихід олії, %	47,8	40,6	43,1	45,4
Ціна реалізації ріпаку за 1 т, грн	23998	23998	23998	23998
Середня відстань перевезень, км	52,5	41,3	40,2	49,1
Вартість заводу, тис. грн	573344	370949	372282	505143
Технологічні витрати, тис. грн, у т.ч.:	4536557	2378405	2391094	3759753
- насіння соняшника	4998952	3088963	2923132	4364072
- ріпакова макуха	-941242	-893445	-808555	-860974
- гліцерин	-76749	-137008	-40452	-216581
- мильна вода	-1066	-559	-562	-883
- жирові субстанції	-3297	-2038	-1928	-2879
- метанол	242292	127028	127705	200804
- КОН (гідрат окису калію)	24768	12985	13055	20527
- стабілізатор	3000	1573	1581	2486
- добавка	4000	2097	2108	3315
- холодне пресування	12878	7958	7531	11243
- кінцеве пресування	8035	5675	5136	7350
- пар	18313	12933	11705	16751
- оплата праці	6894	5387	5400	6536
- амортизація	57334	37095	37228	50514
- поточний ремонт	28667	18547	18614	25257
- інші витрати, грн.	3251	2136	2143	2881
- транспортні витрати	54215	26746	24697	44469
- загальногосподарські витрати	2926	1922	1929	2593
- кредит з відсотками	93309	60370	60587	82210
Собівартість 1 т біодизеля (РМЕ), грн	45366	45366	45366	45366
Ціна 1 т РМЕ, грн	45366	45366	45366	45366
Прибуток за 1 т РМЕ, грн	0	0	0	0
Вихід супутньої продукції, т:	0	0	0	0
- гліцерин	10388	5446	5475	8609
- ріпакова макуха	105583	74569	67484	96579

Оцінка ресурсів: 1) за ринковими цінами; 2) шрот – за світовою ціною, гліцерин – за ціною очищеного; 3) шрот за світовою ціною; 4) сирий гліцерин за ціною очищеного.

Зразу ж відмітимо, що із збільшенням потужності заводу залишки олії в шроті знижуються до мінімуму, а тому нульова рентабельність досягається за нижчої олійності насіння ріпаку. За існуючих ринкових цін, які склалися для України у 2021 р., на насіння ріпаку, шроту, мінерального дизеля та світових цін на неочищений гліцерин (2020 р.) нульовий рівень рентабельності досягається за потужності заводу 100 тис. т за рік та вмісту майже максимальної величини – 49,2 % олії в сировині (варіант 1). За умови будівництва заводів з вітчизняних комплектуючих з відповідним здешевленням вартості заводу на 50 % за варіанту 1 було б одержано 928 грн прибутку за реалізації 1 т біодизеля. Якби в Україні були б підприємства з очистки гліцерину до світових стандартів (варіант 4), то ціна його була б у 3,3 раза вища. Тоді нульовий рівень рентабельності можна досягти за 82,9 тис. т потужності заводу та 47,5 % олійності насіння ріпаку. Якщо ще змінити ціну на ріпаковий шрот до середнього світового рівня, що склався на ринку в 2021 р., то нульовий баланс може бути досягнутий за потужності 52,4 тис. т та 45 % олійності сировини (варіант 2). Коли ж за світовою ціною оцінити лише шрот (варіант 3), то результат буде кращий, ніж проведення такої процедури з гліцерином – за 52,7 тис. т потужності заводу та 47,5 % олійності насіння ріпаку. Такі ж самі розрахунки були проведені за вищого в 2 рази рівня урожайності – 5 т/га, які показали, що рівень урожайності насіння ріпаку практично не впливає на результати діяльності заводів, оскільки вартість послуг автотранспорту займає 0,75-1,0 % в загальних витратах.

Звідси, як бачимо, основними чинниками, які впливають на результати ефективної діяльності заводів, є в першу чергу олійність ріпаку, рівень виходу олії, який у свою чергу залежить від потужності і вартості заводу, та рівні цін з їх співвідношенням на мінеральний дизель, насіння ріпаку, шрот і гліцерин та особливо наявність ринків збуту. Тобто, щоб прийняти рішення відновлювати роботу заводів, які зараз не працюють, та будувати нові заводи, необхідно проводити на далеку перспективу різні прогнози цін, оцінити існуюче територіальне розміщення заводів та визначити, де і якої потужності побудувати нові заводи, прийняти рішення щодо будівництва заводів з очистки гліцерину, розробити стратегію розвитку тваринництва, скільки шроту ріпаку для цієї галузі потрібно та в які країни будемо експортувати надлишки шроту. У загальному підсумку можна констатувати, що проблеми виробництва біодизеля, тваринництва тощо повинні розглядатися як модулі моделі стратегії та балансування аграрного сектора економіки України в гармонізованому співвідношенні з використанням земельних і трудових ресурсів за дотримання екологічних обмежень.

**Висновки.** У ринковому середовищі будь-яку проблему розпочинають, як у нашому випадку, з оптимізації управління ланцюгом поставок і зокрема, розміщення заводів, виробництва сировини та організаційної діяльності центрів зберігання і розподілу біодизеля між регіонами, споживачами тощо. Власне виробництво біодизеля на заводах різної річної потужності є одним із модулів цього ланцюгу. У цілому, як бачимо, вирішення проблеми енергозабезпечення аграрного сектора економіки в

Україні потребує застосування складних методів моделювання для розробки стратегії розвитку сільського господарства та сільської місцевості в гармонії з навколишнім ринковим та природним середовищем.

У ринковому середовищі всі економічні взаємовідносини здійснюються за цінами, що є результатом узгодження попиту з пропозицією, в результаті чого продавці одержують прибуток, а споживачам з їх доходами купівля є доступною. Ніхто, ніде і ніколи технологічні ресурси у виробничих процесах не оцінює за собівартістю, як шляху до банкрутства власників цих ресурсів у середовищі конкуренції.

За існуючого цінового середовища на ринках енергії та ресурсів, що використовуються при виробництві біодизеля, конкурентними можуть бути потужні заводи з технологічними можливостями, які дозволяють до мінімуму звести залишки олії в шроті, використовують насіння ріпаку з вмістом олії понад 45 %. Звідси виникає потреба у фінансуванні досліджень науковців (інженерів та хіміків разом з практиками) щодо виявлення та застосування ноу-хау в переробці сировини на біодизель, що гарантуватиме як зменшення залишків олії в шроті, так і економію різних каталізаторів тощо. При цьому потужні заводи потребують великих одночасних інвестицій, але у розрахунку на 1 т їх потужності розміри інвестицій у 3-5 разів нижчі, ніж на дрібних заводах. Одночасно великі обсяги інвестицій за будівництва потужних заводів є ризикованою стратегією без ретельних досліджень тенденцій світових досягнень з виробництва біопалив, особливо щодо можливого ефективного застосування сировини 2 і 3-го покоління та комбінації їх із сировиною 1-го покоління.

На сьогоднішній день навіть потужні заводи (80-100 тис. т) можуть досягти нульового або ж незначного рівня рентабельності за умови використання насіння ріпаку олійністю 47-50 % і/або досягнення середньої світової ціни на шрот або гліцерин. Одним із перспективних напрямів є підвищення якості біодизеля й реалізація його для потреб авіації або ж перетворення гліцерину на хімічні речовини за допомогою кількох різних реакцій із подальшим застосуванням, наприклад, у виробництві акрилової кислоти, ринок якої до 2027 р. досягне 21 млрд дол. США [38].

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Калінчик М. В., Ільчук М. М., Новосельцева А. М. Розвиток підприємств олієжирового підкомплексу в системі євроінтеграції: Монографія / К.: ННЦ «ІАЕ», 2014. 224 с.
2. Чехова І.В. Напрямки використання олійних культур в біоенергетичній галузі // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН, 2014. № 21. С. 172-179.
3. Пришляк Н. В. Організаційно-економічний механізм виробництва біопалив із агробіомаси: теорія, методологія, практика / дисертація на здобуття наукового ступеня д.е.н. 08.00.03 – економіка та управління національним господарством. Вінниця, 2021. 468 с.

4. Яворова Г. В. Аналіз ефективності виробництва біодизеля з ріпаку // Формування ринкової економіки : зб. наук. пр. / М-во освіти і науки України, ДВНЗ «Київ. нац. екон. ун-т ім. Вадима Гетьмана» ; [редкол.: О. О. Беляєв (відп. ред.) та ін.]. – Київ : КНЕУ, 2009. – Спец. вип.: Аграрна економічна освіта в розбудові конкурентоспроможного сільського господарства України. С. 606–613.
5. Калетнік Г.М., Климчук О.В., Мазур В.А. Перспективність та ефективність виробництва біодизельного палива в Україні з олійних культур. URL: [Klumchuk\\_InM94EdgBghJDDmnnNHn.pdf](http://www.klumchuk_inm94edgbghjddmnnh.pdf)
6. Калетнік Г. М., Гончарук І. В. Економічні розрахунки потенціалу виробництва відновлювальної біоенергії у формуванні енергетичної незалежності агропромислового комплексу // Економіка АПК. 2020. № 9. С. 6 – 16.
7. «Українська рапсодія», або Вирощування ріпаку в Україні – це просто пісня. URL: <http://www.propozitsiya.com/?page=149&itemid=2704&number=88>.
8. Месель-Веселяк В. Я. Ефективність енергетичного самозабезпечення сільського господарства. URL: <http://info-pressa.com/article-531.html>.
9. Оверченко Б. Перспективи та проблеми виробництва біодизелю в Україні. URL: <http://www.propozitsiya.com/?page=149&itemid=2913&number=95>.
10. Шпичак О. М., Боднар О. В., Пашко С. О. Виробництво біопалива в Україні у контексті оптимального вирішення енергетичної проблеми // Економіка АПК. 2019. № 3. С. 13-27.
11. Паламаренко Я.В. Економічна ефективність діяльності сільськогосподарських кооперативів з виробництва біодизеля // Економіка і суспільство. 2018. Випуск 17. С. 138-147.
12. Калетнік Г. М., Пришляк Н. В. Розвиток галузі біопалив як детермінанта сталого розвитку України // Економіка АПК. 2021. № 2. С. 71 – 81.
13. Бум на світовому ринку біопалива – як цим може скористатися Україна: Консультативна робота № 7. URL: [http://www.ier.com.ua/files/publications/Policy\\_papers/Agriculture\\_dialogue/2007/AgPP7\\_U.pdf](http://www.ier.com.ua/files/publications/Policy_papers/Agriculture_dialogue/2007/AgPP7_U.pdf) (31.05.2023).
14. Калетнік Г. М. Розвиток ринку біопалив в Україні : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора екон. наук: 08.00.03. – економіка та управління національним господарством. – К. : ННЦ «ІАЕ», 2009. – 38 с.
15. Скорук О. П., Попадюк С.В. Перспективи та економічні передумови виробництва біодизеля в Україні. URL: <http://intkonf.org/skoruk-op-popadyuk-sv-perespektivi-ta-ekonomichni-peredumovi-virobnitstva-biodizelya-v-ukrayini>.
16. Литвиненко О.А., Сухенко Ю.Г., Сухенко В.Ю., канд. техн. наук Муштрук М.М. Інтенсифікація виробництва дизельного палива. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/21419/1/32.pdf> (15.05.2023)
17. Семенов В. Біодизель в Україні чи з України? URL: [https://zn.ua/ukr/energy\\_market/biodizel\\_v\\_ukrayini\\_chi\\_z\\_ukrayini.html](https://zn.ua/ukr/energy_market/biodizel_v_ukrayini_chi_z_ukrayini.html) (14.05.2023).
18. Біопалива: біоетанол та біодизель. URL: <https://uabio.org/liquid-biofuels/>
19. Маковей Ю. Антон Зоркін: Україна може замінити 30% дизелю власним виробленим біопаливом. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/1314-anton-zorkin-ukrayina-moje-zamistiti-30-dizelyu-virobblenim-biopalivom>
20. Лебідь Л. Ринок біопалива: наскільки відкрите вікно можливостей для України. URL: <https://agroportal.ua/publishing/lichnyi-vzglyad/rinok-biopaliva-naskilki-vidkrite-vikno-mozhливостей-dlya-ukrajini>

21. Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050. – 76 p. URL: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA\\_Report\\_GET\\_2018.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_Report_GET_2018.pdf) (09.05.2023) (с. 33).
22. Abdallah S. Elgharbawy, Wagih. A. Sadik, Olfat M. Sadek, Mosaad A. Kasaby. A Review on biodiesel feedstocks and production technologies. URL: [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-97072021000105098&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-97072021000105098&script=sci_arttext)
23. Mustafa Kamal Pasha, Lingmei Dai, Dehua Liu, Miao Guo & Wei Du. An overview to process design, simulation and sustainability evaluation of biodiesel production. URL: <https://biotechnologyforbiofuels.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13068-021-01977-z>
24. A.A. Apostolakou, I.K. Kookos, C. Marazioti, K.C. Angelopoulos. Techno-economic analysis of a biodiesel production process from vegetable oils URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037838200900112X?via%3Dihub> (01.05.2023).
25. A Report by the Biodiesel Advisory Council to the Government of Manitoba. – biodiesel: made in manitoba. – 2005. URL: [https://www.gov.mb.ca/sd/environment\\_and\\_biodiversity/energy/pubs/biodiesel\\_report.pdf](https://www.gov.mb.ca/sd/environment_and_biodiversity/energy/pubs/biodiesel_report.pdf)
26. Rohit Gupta, Ruairidh McRoberts, Zhibin Yu, Cindy Smith, William Sloan, Siming You. Life cycle assessment of biodiesel production from rapeseed oil: Influence of process parameters and scale. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852422008616> (30.04.2023).
27. Гуменюк О.Л. Технологія жирів та жирозамінників: тексти лекцій для студентів спеціальності 181 “Харчові технології” заочної форми навчання/ Укладач.: Гуменюк О.Л. Чернівці: ЧНТУ, 2020. 130 с.(04.05.2023)
28. Emanuele Oddo, Politecnico di Milano and Maurizio Masi. Biofuels Technologies. URL: <https://roadmap2050.report/biofuels/biofuels-technologies/> (09.05.2023)
29. Дослідження екстракції рослинних олій за допомогою полярних розчинників. URL: <https://udhtu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/04/dosleks2021.pdf>(04.05.2023)
30. Калініченко В. Про стан використання біодизелю та біоетанолу у світі та в Україні: аналітична записка. URL: [http://esco-ecosys.narod.ru/2009\\_6/art026.htm](http://esco-ecosys.narod.ru/2009_6/art026.htm). (10.02.20.2013)
31. Програма TACIS з використання альтернативних джерел енергії [Виробництво біодизелю на основі переробки ріпакового насіння. Використання біодизельного пального у сільському господарстві]. К., 1996. 53 с.
32. Лук'янець В. О., Бовсуновський В.М. Обґрунтування технологічних схем переробки насіння ріпаку. URL: [http://www.rusnauka.com/11\\_NPRT\\_2007/Agricole/22280.doc.htm](http://www.rusnauka.com/11_NPRT_2007/Agricole/22280.doc.htm). (17.10.2012)
33. Друкований М. Ф. Бандура В. М. Друкована А. О. Нова технологія виробництва біодизелю // Вібрації в техніці та технологіях. 2008. № 3 52). С. 69-73.
34. Василькевич О.І., Степанов М.Б., Бондаренко С.Г., Кукушкіна О.Ю. Аналіз впливу параметрів процесу на кінетику реакції переестерифікації рослинних олій / І Міжн. наук.-техн. конф. «Хімічна технологія: нака та виробництво» / Секція 2. Утилізація та екологічні проблеми. Шостка: 2012. – 7-9 листопада. С. 65. URL: <https://kxtp.kpi.ua/common/kxtp-papers-2012-ct-vasy-step.pdf> (08.05.2023)/
35. Турчун Д.А., Ющенко С.Л., Столяренко Г.С. Переробка гліцеринової фракції, як побічного продукту при синтезі біодизелю. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2011/11/5471>.(08.05.2023).



36. Біогаз з побічних продуктів харчової й переробної промисловості – AgroBiogas. URL: <https://agrobiogas.com.ua/biogas-from-by-products-of-food-and-processing-industry/> (08.05.2023).
37. Петренко І. Біосолярка для сільгосптехніки. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/961-biosoliarka-dlia-silhosptekhniky.html>
38. Alisson Dias da Silva Ruy, Ana Luíza Freitas Ferreira, Antônio Ésio Bresciani, Rita Maria de Brito Alves and Luiz Antônio Magalhães Pontes. Market Prospecting and Assessment of the Economic Potential of Glycerol from Biodiesel. URL: <https://www.intechopen.com/chapters/73542>

## REFERENCES

1. Kalinchyk M. V., Il'chuk M. M., Novosel'tseva A. M. (2014). Rozvytok pidpryyemstv oliyezhyrovoho pidkompleksu v systemi yevrointehratsiyi [Development of oil and fat subcomplex enterprises in the system of European integration]. Kyiv: NNTS «IAE» [in Ukrainian].
2. Chekhova I.V. (2014). Napryamky vykorystannya oliynykh kul'tur v bioenerhetychniy haluzi [Directions for the use of oilseeds in the bioenergy industry]. *Naukovo-tekhnichnyy byuleten' Instytutu oliynykh kul'tur NAAN – Scientific and technical bulletin of the Institute of Oilseeds of the National Academy of Sciences*. 21. 171-179 [in Ukrainian].
3. Pryshlyak N. V. (2021). Orhanizatsiyno-ekonomichnyy mekhanizm vyrobnytstva biopalyv iz ahrobiomasy: teoriya, metodolohiya, praktyka [Organizational and economic mechanism of production of biofuels from agrobiomass: theory, methodology, practice]. *Ekonomika ta upravlinnya natsional'nyim hospodarstvom – Economy and management of the national economy*. Vinnytsya [in Ukrainian].
4. Yavorova H. V., Belyayev O.O. (2009). Analiz efektyvnosti vyrobnytstva biodyzelya z ripaku // Formuvannya rynkovoyi ekonomiky [Analysis of the efficiency of biodiesel production from rape // Formation of the market economy]. *Ahrarna ekonomichna osvita v rozbudovi konkurentospromozhnogo sil's'koho hospodarstva Ukrayiny – Agrarian economic education in the development of competitive agriculture of Ukraine*. Kyiv : KNEU [in Ukrainian].
5. Kaletnik H.M., Klymchuk O.V., Mazur V.A. Perspektyvnist' ta efektyvnist' vyrobnytstva biodyzel'noho palyva v Ukrayini z oliynykh kul'tur [Prospects and efficiency of biodiesel production in Ukraine from oil crops]. Retrieved from [Klymchuk\\_InM94EdgBghJDdmnxNHn.pdf](#) [in Ukrainian].
6. Kaletnik H. M., Honcharuk I. V. (2020). Ekonomichni rozrakhunky potentsialu vyrobnytstva vidnovlyuval'noyi bioenerhiyi u formuvanni enerhetychnoyi nezalezhnosti ahropromysloвого комплексу [Economic calculations of the potential of renewable bioenergy production in the formation of energy independence of the agro-industrial complex]. *Economy of agro-industrial complex* [in Ukrainian].
7. «Ukrayins'ka rapsodiya», abo Vyroshchuvannya ripaku v Ukrayini – tse prosto pisnya [“Ukrainian Rhapsody”, or Cultivation of rapeseed in Ukraine, is just a song]. Retrieved from <http://www.propozitsiya.com/?page=149&itemid=2704&number=88> [in Ukrainian].
8. Mesel'-Veselyak V. YA. Efektyvnist' enerhetychnoho samozabezpechennya sil's'koho hospodarstva [The effectiveness of energy self-sufficiency in agriculture]. Retrieved from <http://info-prensa.com/article-531.html> [in Ukrainian].

9. Overchenko B. Perspektyvy ta problemy vyrobnytstva biodyzelyu v Ukrayini [Prospects and problems of biodiesel production in Ukraine]. Retrieved from <http://www.propozitsiya.com/?page=149&itemid=2913&number=95> [in Ukrainian].
10. Shpychak O. M., Bodnar O. V., Pashko S. O. (2019) Vyrobnytstvo biopalyva v Ukrayini u konteksti optimal'noho vyrishennya enerhetychnoyi problem [Biofuel production in Ukraine in the context of optimal solutions to the energy problem]. *Economy of agro-industrial complex*. 3. 13-27 [in Ukrainian].
11. Kaletnyk H. M., Pryshlyak N. V. Rozvytok haluzi biopalyv yak determinanta tstalokho rozvytku Ukrayiny [The development of the biofuel industry as a determinant of the overall development of Ukraine]. *Economy and society*. 17. 138-147 [in Ukrainian].
12. Kaletnik H. M., Pryshlyak N. V. (2021). Rozvytok haluzi biopalyv yak determinanta ctaloho rozvytku Ukrayiny [Development of the biofuel industry as a determinant of sustainable development of Ukraine]. *Economy of agro-industrial complex*. 2. 71-81 [in Ukrainian].
13. Bum na svitovomu rynku biopalyva – yak tsym mozhe skorystatysya Ukrayina: Konsul'tatyvna robota № 7 [Boom in the global biofuel market - how Ukraine can take advantage of it: Advisory paper No. 7. Retrieved from [http://www.ier.com.ua/files/publications/Policy\\_papers/Agriculture\\_dialogue/2007/AgPP7\\_U.pdf](http://www.ier.com.ua/files/publications/Policy_papers/Agriculture_dialogue/2007/AgPP7_U.pdf) (31.05.2023) [in Ukrainian].
14. Kaletnik H. M. Rozvytok rynku biopalyv v Ukrayini (2009). [Development of the biofuels market in Ukraine]. Kyiv : NSC "IAE" [in Ukrainian].
15. Skoruk O. P., Popadyuk S.V. Perspektyvy ta ekonomichni peredumovy vyrobnytstva biodyzelya v Ukrayini [Skoruk O.P., Popadyuk S.V. Prospects and economic prerequisites for biodiesel production in Ukraine]. Retrieved from <http://intkonf.org/skoruk-op-popadyuk-sv-perespektivi-ta-ekonomichni-peredumovi-virobnitstva-biodizelya-v-ukrayini>. [in Ukrainian].
16. Lytvynenko O.A., Sukhenko YU.H., Sukhenko V.YU., kand. tekhn. nauk Mushtruk M.M. Intensyfikatsiya vyrobnytstva dyzel'noho palyva [Lytvynenko O.A., Sukhenko Yu.G., Sukhenko V.Yu., candidate technical Sciences Mushtruk M.M. Intensification of diesel fuel production]. Retrieved from <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/21419/1/32.pdf>.(15.05.2023) [in Ukrainian].
17. Semenov V. Biodyzel' v Ukrayini chy z Ukrayiny? [Semenov V. Biodiesel in Ukraine or from Ukraine?] Retrieved from [https://zn.ua/ukr/energy\\_market/biodizel\\_v\\_ukrayini\\_chi\\_z\\_ukrayini.html](https://zn.ua/ukr/energy_market/biodizel_v_ukrayini_chi_z_ukrayini.html) [in Ukrainian].
18. Biopalyva: bioetanol ta biodyzel' [Biofuels: bioethanol and biodiesel]. Retrieved from <https://uabio.org/liquid-biofuels/> [in Ukrainian].
19. Makovey YU. Anton Zorkin: Ukrayina mozhe zaminyty 30% dyzelyu vlasnym vyroblenym biopalyvom [Makovei Y. Anton Zorkin: Ukraine can replace 30% of diesel with its own produced biofuel]. Retrieved from <https://kurkul.com/spetsproekty/1314-anton-zorkin-ukrayina-moje-zamistiti-30-dizelyu-viroblenim-biopalyvom> [in Ukrainian].
20. Lebid' L. Rynok biopalyva: naskil'ky vidkryte vikno mozhlyvostey dlya Ukrayiny [Lebyd L. Biofuel market: how open is the window of opportunity for Ukraine]. Retrieved from <https://agroportal.ua/publishing/lichnyi-vzglyad/rinok-biopalyva-naskilki-vidkryte-vikno-mozhlyvostey-dlya-ukrajini> [in Ukrainian].
21. Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050. – 76 p. Retrieved from [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA\\_Report\\_GET\\_2018.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_Report_GET_2018.pdf) (09.05.2023) (p. 33) [in Ukrainian].

22. Abdallah S. Elgharbawy, Wagih. A. Sadik, Olfat M. Sadek, Mosaad A. Kasaby. A Review on biodiesel feedstocks and production technologies. Retrieved from [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-97072021000105098&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-97072021000105098&script=sci_arttext) [in Ukrainian].
23. Mustafa Kamal Pasha, Lingmei Dai, Dehua Liu, Miao Guo & Wei Du. An overview to process design, simulation and sustainability evaluation of biodiesel production. URL: <https://biotechnologyforbiofuels.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13068-021-01977-z> [ in English].
24. A.A. Apostolakou, I.K. Kookos, C. Marazioti, K.C. Angelopoulos. Techno-economic analysis of a biodiesel production process from vegetable oils URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037838200900112X?via%3Dihub> (01.05.2023) [ in English].
25. A Report by the Biodiesel Advisory Council to the Government of Manitoba. – biodiesel: made in manitoba. – 2005. URL: [https://www.gov.mb.ca/sd/environment\\_and\\_biodiversity/energy/pubs/biodiesel\\_report.pdf](https://www.gov.mb.ca/sd/environment_and_biodiversity/energy/pubs/biodiesel_report.pdf) [ in English].
26. Rohit Gupta, Ruairidh McRoberts, Zhibin Yu, Cindy Smith, William Sloan, Siming You. Life cycle assessment of biodiesel production from rapeseed oil: Influence of process parameters and scale. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852422008616> (30.04.2023) [ in English].
27. Humenyuk O.L. (2020). Tekhnolohiya zhyriv ta zhyrozaminykiv [Technology of fats and fat substitutes]. Texts of lectures for students of the specialty 181 “Food technologies” of the correspondence form of education. Chernihiv: CHNTU [in Ukrainian].
28. Emanuele Oddo, Politecnico di Milano and Maurizio Masi. Biofuels Technologies. URL: <https://roadmap2050.report/biofuels/biofuels-technologies/> (09.05.2023) [ in English].
29. Doslidzhennya ekstraktsiyi roslynnykh oliy za dopomohoyu polyarnykh rozchynnykiv [Research on the extraction of vegetable oils using polar solvents]. URL: <https://udhtu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/04/dosleks2021.pdf>(04.05.2023) [in Ukrainian].
30. Kalinichenko V. Pro stan vykorystannya biodyzelyu ta bioetanolu u sviti ta v Ukraini: analitychna zapyska [About the state of use of biodiesel and bioethanol in the world and in Ukraine: analytical note]. URL: [http://esco-ecosys.narod.ru/2009\\_6/art026.htm](http://esco-ecosys.narod.ru/2009_6/art026.htm). (10.02.20.2013) [in Ukrainian].
31. Prohrama TACIS z vykorystannya al'ternatyvnykh dzherel enerhiyi [Vyrobnytstvo biodyzelyu na osnovi pererobky ripakovoho nasinnya. Vykorystannya biodyzel'noho pal'noho u sil's'komu hospodarstvi] [TACIS program on the use of alternative energy sources [Production of biodiesel based on the processing of rapeseed. Use of biodiesel fuel in agriculture]]. Kyiv. 1996. 53 [in Ukrainian].
32. Luk"yanets' V. O., Bovsunovs'kyi V.M. Obgruntuvannya tekhnolohichnykh skhem pererobky nasinnya ripaku [Justification of technological schemes of rape seed processing]. URL: [http://www.rusnauka.com/11.\\_NPRT\\_2007/Agricole/22280.doc.htm](http://www.rusnauka.com/11._NPRT_2007/Agricole/22280.doc.htm). (17.10.2012) [in Ukrainian].
33. Drukovanyy M. F. Bandura V. M. Drukovana A. O. (2008). Nova tekhnolohiya vyrobnytstva biodyzelyu [New technology of biodiesel production]. *Vibratsiyi v tekhnitsi ta tekhnolohiyakh – Vibrations in engineering and technology*. 3. 69-73. [in Ukrainian].
34. Vasyl'kevych O.I., Stepanov M.B., Bondarenko S.H., Kukushkina O.YU. (2012). Analiz vplyvu parametriv protsesu na kinetyku reaktsiyi pereesteryfikatsiyi roslynnykh oliy

- [Analysis of the influence of process parameters on the kinetics of the transesterification reaction of vegetable oils]. *I Mizhn. nauk.-tekhn. konf. «Khimichna tekhnolohiya: naka ta vyrobnytstvo» – And International science and technology conf. “Chemical technology: production and production”*. Section 2. Disposal and environmental problems. Shostka. (p.65). URL: <https://kxtp.kpi.ua/common/kxtp-papers-2012-ct-vasy-step.pdf> (08.05.2023)/ [in Ukrainian].
35. Turchun D.A., Yushchenko S.L., Stolyarenko H.S. Pererobka hlitserynovoyi fraktsiyi, yak pobichnoho produktu pry syntezi biodyzelyu [Processing of the glycerol fraction as a by-product in the synthesis of biodiesel]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2011/11/5471>.(08.05.2023) [in Ukrainian].
  36. Biohaz z pobichnykh produktiv kharchovoyi y pererobnoyi promyslovosti – Agro-Biogas [Biogas from by-products of the food and processing industry – AgroBiogas]. URL: <https://agrobiogas.com.ua/biogas-from-by-products-of-food-and-processing-industry/> (08.05.2023). [in Ukrainian].
  37. Petrenko I. Biosolyarka dlya sil'hosptekhniky [Biodiesel for agricultural machinery]. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/961-biosoliarka-dlia-silhosptekhniky.html> [in Ukrainian].
  38. Alisson Dias da Silva Ruy, Ana Luíza Freitas Ferreira, Antônio Ésio Bresciani, Rita Maria de Brito Alves and Luiz Antônio Magalhães Pontes. Market Prospecting and Assessment of the Economic Potential of Glycerol from Biodiesel. URL: <https://www.intechopen.com/chapters/73542>