

Цукрові буряки – це не тільки біоетанол, а й потужне джерело біогазу. Серед усіх поновлюваних енергій біогаз має особливий статус, оскільки він знаходить різноманітне застосування в електроенергетиці, виробництві тепла та використовується в якості пального, а також може постійно вироблятися, відповідно до потреб, на основі наявної місцевої сировини.

Виробництво біогазу дасть можливість зменшити енергозалежність України, створити нові робочі місця, вирішити проблеми утилізації відходів, зокрема, рослинництва, покращити екологічну ситуацію.

Після переробки 1 т коренеплодів на цукор залишається 238 кг пресованого жому. Вихід біогазу з 1 т пресованого жому дорівнює 100 м^3 [90].

Якщо посівні площі під цукровим буряком залишаться до 2050 р. на сучасному рівні 32,5 тис. га, то щорічний валовий збір коренеплодів за сценарієм А1В становитиме 1491750 т. Після переробки на цукор у цьому випадку залишиться приблизно 355 тис т пресованого жому. З цієї кількості жому можна отримати 35500 тис м^3 біогазу. За сценарієм RCP4.5 валовий збір коренеплодів становитиме 1361750 т. Після переробки на цукор у цьому випадку залишиться приблизно 324 тис т пресованого жому. З цієї кількості жому можна отримати 32400 тис м^3 біогазу.

Відомо, що з 1 м^3 біогазу можна отримати 3,1 Квт теплової енергії, або 2,1 Квт електроенергії, яку можна використовувати для потреб заводу, опалення місцевих тепломереж [90]. Тому можна сказати, що за умов реалізації сценарію А1В з отриманого біогазу можна буде отримати близько 68 Гвт (Гвт – мільярд ват) тепла і 99,5 Гвт електроенергії. За умов реалізації сценарію RCP4.5 ці величини відповідно складатимуть 62,3 Гвт тепла і 90,8 Гвт електроенергії.

Прикладом діючого біоенергетичного комплексу саме у Полтавській області є комплекс Глобинського цукрового заводу, що входить до восьми найбільших діючих цукрових заводів на території України. Цей комплекс є комплексом з повністю замкненим циклом виробництва. Проектна потужність комплексу становить 150 тис. м^3 біогазу на добу, що еквівалентно 75 тис. м^3 природного газу. Газ, що виробляється, постачається на Глобинський соєпереробний та на Глобинський цукровий заводи.

Також треба відзначити, що біогазові установки на теперішній час діють і на базі інших цукрових заводів, що розташовані у багатьох областях України.

Таким чином, враховуючи, що на території Полтавської області, створені всі умови для розвитку виробництва біопалива на базі цукрововиробної промисловості, можна сказати, що є цілком реальні перспективи вирощування цукрового буряку не тільки в якості джерела для виробництва цукру, а й джерела для біоенергетичного використання.

⁹⁰ Бондар В. С. Цукрові буряки, як відновлювальне джерело біоенергетики. *Вісник цукровиків України*. 2014. № 1 (92). С. 22–25.

2.2. Використання рослинної сировини сої

Діянова А. О., Білявська Л. Г., Білявський Ю. В.
Полтавський державний аграрний університет

Головні енергетичні ресурси у світі поступово зменшуються та частково зникають [91]. В якості енергетичного ресурсу у аграрному секторі почали використовувати біомасу польових культур [92, 93]. Їх біомаса є ефективним енергоносієм [94]. Виробництво енергії з цього біоматеріалу – головний напрям діяльності в сфері поновлюваних джерел енергії в Україні. Соя – стратегічна та високорентабельна культура. Суттєве зростання її посівних площ і валових зборів свідчить про її надзвичайно важливу роль у світі та аграрному секторі України [95, 96, 97].

Данія є лідером з використання біоресурсів. Рослинні рештки ефективно застосовуються в країнах Європи та Північної Америки. Франція надає перевагу кукурудзі, пшениці, цукровому буряку; Німеччина – біодизелю з ріпаку.

Для розробки регіональних програм з біоенергетики, складаються бази даних із вирощування та використання біомаси такої культури як соя. Додатковий врожай сої можна отримувати за рахунок підбору відповідної групи стиглості сорту. Законом України «Про альтернативні види рідкого та газового палива» від 14 січня 2000 р. №1391-XIV [98], передбачено вивчення потенціалу культурної сої та її можливості для використання в якості твердого біопалива. Так, на 2020 рік у Державному реєстрі сортів рослин, придатних до поширення в Україні зареєстровано 247 сортів сої [*Glycine max* (L.) Merrill]. Сорти української селекції становлять 80 % [99]. На сьогодні, оптимізована структура валових зборів зернових та технічних культур в Україні, яка становить: технічні культури – 45 %; озима пшениця – 25 %; кукурудза, ячмінь, тритикале – відповідно по 10 %. В той же час, співвідношення валових зборів технічних культур виглядає наступним чином: соняшник – 40 %; ріпак –

⁹¹ Adie M. M., Krisnawati A. Soybean opportunity as source of new energy in Indonesia. *Int. Journal of Renewable Energy Development*. 2014. Vol. 3 (1). P. 37–43. URL: <https://www.researchgate.net/publication/41120409>.

⁹² Kis D., Sucic B., Guberac V., Voca N., Rozman V., Sumanovac L. Soybean biomass as a renewable energy resources. *Agriculture Conspectus Scientificus*. 2009. Vol. 74 (3). P. 201–203.

⁹³ India: Biomass for sustainable development-lessons for decentralized energy delivery village energy security programme. *Document of the World Bank*. 2011. URL: <http://www.mnre.gov.in/pdf/VESP-Final-Report-July%202011.pdf>.

⁹⁴ Sansaniwal S. K., Rosen M. A., Tyagi S. K. Global challenges in the sustainable development of biomass gasification: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017. Vol. 80. P. 23–43.

⁹⁵ Бабич А., Колісник С., Побережна А., Немцов А. Розміщення посівів і технологія вирощування сої в Україні. *Пропозиція*. 2000. № 5. С. 38–40.

⁹⁶ Адамень Ф. Ф., Вергунов В. А., Лазер П. Н., Вергунов И. Н. Агробиологические особенности возделывания сои в Украине. Київ : Аграрна наука, 2006. 456 с.

⁹⁷ Соя – культура унікальних можливостей / В. Ф. Петриченко та ін. Київ : Юнівест Медіа, 2016. 224 с.

⁹⁸ Про альтернативні види палива : Закон України від 14 січня 2000 р. № 1391-ІV. *Відомості Верховної Ради України*. 2000. № 12.

⁹⁹ Informatsiino-dovidkova systema «Reiestr sortiv. URL: <http://service.ukragroexpert.com.ua/index.php>.

30 %; соя – 25 %; інші культури – 5 %. Виробництво зернобобових культур в Україні становить 40–50 млн т на рік з врожайністю 2,5–3,0 т/га.

Як джерело для виготовлення біопалива почали використовувати й відходи харчової промисловості. Дослідженням наявного потенціалу біомаси в Україні займалися Г. Г. Гелетуша, С. О. Кудря, Н. М. Міщенко, В. М. Калініченко, В. О. Дубровін, Є. І. Сухін, П. С. Вишнівський, В. І. Гавриш, О. О. Єранкін, Р. В. Зіновчук, Г. М. Калетник, М. В. Калінчик, І. Г. Кириленко, О. М. Маслак, С. А. Стасіневич, О. Г. Шайко, О. М. Шпичак та ін.

До енергоносіїв біологічного походження (біопаливо) відносять [100]:

- біодизель – метилові та етилові ефіри з рослинних олій;
- біоетанол – на основі цукроносних та крохмаленосних культур (рештки сої);
- тверде паливо – з побічної продукції рослинництва лісового, господарства та спеціалізованих біоенергетичних культур (соя);
- біогаз – відходи рослинництва і тваринництва (рештки сої).

Для ефективного використання біологічного і генетичного потенціалу сортів їх висівають у найбільш сприятливих ґрунтово-кліматичних умовах. Сьогодні, для сої, значно поліпшилися погодні умови в Поліссі. Це пов'язано з оптимальним водним, світловим і тепловим режимом [101, 102].

Відповідно, скорочуються площі під соєю в зонах Степу та Лісостепу. Зміни клімату спонукають українських селекціонерів створювати сорти сої максимально пристосовані до екстремальних (стресових) умов зон вирощування [103]. Кожний сорт має свої особливості та напрями використання [104, 105], а їх рештки (стебла, створи, не кондиційне насіння) можуть бути ефективно використані як альтернативне джерело твердого біопалива [106, 107].

Умови спалювання решток визначають коефіцієнтом корисної дії, який для існуючих топків, котлів і теплогенераторів становить від 0,75 до 0,84 відносних одиниць.

¹⁰⁰ Ключ С. В. Визначення енергетичного потенціалу соломи і рослинних відходів за період незалежності України. *Відновлювана енергетика*. 2012. № 3. С. 71–78.

¹⁰¹ Biliavska L. H. Seleksiino-henetychne polipshennia soi v umovakh Lisostepu Ukrainy. *Extended abstract of doctor's thesis*. Dnipro, 2020.

¹⁰² Biliavska L. H., Biliavskiy Yu. V. Adaptivnyi potentsial sortiv soi v umovakh zminy klimatu. «*Klimatychni zminy ta silske hospodarstvo. Vykyky dlia ahrarnoi nauky ta osvity*» zbirnyk tez III Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (cherven 2020 r.). Kyiv, 2020 [In Ukrainian].

¹⁰³ Білявська Л. Г. Сучасні напрями та завдання в селекції сої. *Вісник ПДАА*. 2009. № 2. С. 38–40.

¹⁰⁴ Бабич А. О., Бабич-Побережна А. А. Селекція, виробництво, торгівля і використання сої у світі. Київ : Аграрна наука, 2011. 548 с.

¹⁰⁵ Соя: промышленная переработка, кормовые добавки, продукты питания / Ф. Ф. Адамень та ін. Київ : Норапринт, 1999. 333 с.

¹⁰⁶ Голуб Г. А., Лук'янець В. О., Субота С. В. Теплота згоряння та умови спалювання соломи. *Науковий вісник НУБІП України*. 2009. Вип. 134, ч. 2. С. 275–278.

¹⁰⁷ Голуб Г. А. Техніко-технологічне забезпечення енергетичної автономності агроєкосистем. *Науковий вісник НУБІП України. Сер. Техніка та енергетика АПК*. 2010. Вип. 144, ч. 4. С. 303–312.

Найбільші площі сої у 2018 році були зафіксовані у Полтавській, Хмельницькій, Київській та Сумській областях. Так, Хмельницька область зібрала 511,7 тис. т, Полтавська – 409,4 тис. т, Житомирська – 372,6 тис. т, Херсонська – 361,9 тис. т, Київська – 348,5 тис. т. Середній показник урожайності сої у 2018 р. був наступним: Херсонська область – 3,3 т/га, Запорізька – 3,2 т/га, Івано-Франківська – 3,2 т/га, Тернопільська – 3,03 т/га, Хмельницька – 2,99 т/га. У 2019 році аграрії зібрали 3,699 млн т сої. Середня врожайність сої склала 2,29 т/га (2018 р. – 2,58 т/га, 2017 р. – 1,97 т/га, 2016 р. – 2,3 т/га).

За даними Державного Реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні [108] було проаналізовано динаміку врожайності сортів сої за період 2010–2017 рр. Так, максимальну урожайність (вище за 5 т/га) в розрізі сортів мали лише 5 зразків: сорт «Sigalia» (Франція) – 5,4 т/га, «Kofu» (Канада) – 5,03 т/га, «Естафета» (Україна, 2011 р.) – 5,07 т/га, «Терек» (Україна, 2011 р.) – 5,06 т/га та сорт «Авантюрин» (Україна, 2013 р.) – 5,11 т/га. Також, у 2013 р. сорт «Аквамарин» показав урожайність 4,62 т/га [109].

Останні роки комерційним попитом користуються сорти сої ранньої групи стиглості (високий врожай зерна, гарна якість насіння, висока комерційна ціна на насіння, гарний попередник під озимі зернові культури та ін.). Потенціал урожайності скоростиглих сортів нового покоління становить 2,0–2,5 т/га, ранньостиглих – 2,5–3,0 т/га, середньостиглих – 3,0–3,8 т/га, пізньостиглих – 4,3–5,0 т/га. Так, в залежності від групи стиглості та сортових особливостей формується відповідна кількість відходів. Середньостиглі та пізньостиглі сорти за час вегетації формують максимальну біомасу й відповідно більшу кількість відходів. В середньому, для України, теоретичний та енергетичний потенціал рослинних решток сої для використання в енергетичних цілях складає близько 50 %. Так, на 1 тону зібраного насіння сої припадає до 1 т решток. Ціна реалізації соломи (додатковий прибуток) – 500 грн/т.

Вторинні відходи – такі, що генеруються при обробці врожаю на підприємствах (80 % соєвої сировини переробляється на шрот і олію, яка містить високоенергетичні жирні кислоти, а також, відходи очистки насіння (стебла, крупне та дрібне насіння, деформоване, бите, зелене, щупле, стулки бобів, домішки та ін.) (рис. 1). Збільшення площ під соєю не спричиняє негативного впливу на ґрунт, а навпаки позитивно впливає

¹⁰⁸ Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2019 рік. URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>.

¹⁰⁹ Васьківська С. В., Орленко Н. С., Ткачик С. О., Худолій Л. В. Особливості формування ринку сої культурної в Україні. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2018. Т. 14. № 4. С. 422–430. doi: 10.21498/2518-1017.14.4.2018.151911

на його якісні показники. За даними вчених, коефіцієнт відходів зернобобових культур умовно дорівнює 1; коефіцієнт втрат – 0,1; а коефіцієнт енергетичного використання – 1,0. У сої, ці показники – відповідно: 1,2–2,3; 0,1 і 1,0.

Соеві рештки (стебла та стулки бобів) різних сортів подано на рис. 1.



А. Вигляд ділянок сої після збирання



Б. Рослинні рештки сої після збирання культури

Рис. 1. Рештки сої після збирання

Джерело: авторські дослідження.

Метою досліджень було встановлення рівня сортової специфіки у формуванні основної та побічної продукції сої. Експеримент проводився протягом 2015–2017 років у лабораторії селекції, насінництва та сортової агротехніки ПДАА (Центральний Лісостеп України). За час проведення досліджень застосовували як загальноприйняті методи [110, 111] так і спеціальні [112]. Урожайність основної продукції визначали шляхом перерахунку врожайності кожної культури на стандартну вологість. Вихід побічної продукції встановлювали за допомогою узагальненої оцінки енергетичного потенціалу біомаси [113, 114].

Потенціал рослинних решток сої (P_{pp}) визначали згідно формули (1):

$$P_{pp} = VZ_{оп} \times K_{pp} \times (1 - K_v) \times K_{ев}, \text{ т}, \quad (1)$$

де $VZ_{оп}$ – валовий збір основної продукції, т/га;

K_{pp} – коефіцієнт рослинних решток;

K_v – коефіцієнт втрат рослинних решток;

$K_{ев}$ – коефіцієнт використання рослинних решток.

Енергетичний потенціал рослинних решток сої (EP_{pp}) визначали згідно формули (2):

$$EP_{pp} = P_{pp} \times Q / 7000, \text{ т у. п.}, \quad (2)$$

де P_{pp} – потенціал рослинних решток, т;

Q – нижча теплота згорання рослинних решток, ккал/кг;

7000 – теплотворна здатність 1 кг умовного палива (ум. п.), ккал.

За даними науковців, енергетичний потенціал решток сої складає 3800 ккал/кг. Величина теоретичного потенціалу відходів є досить нерівномірною по роках і залежить, головним чином, від урожайності сортів сої, що вивчали. Величина технічного потенціалу обмежується наявною технологією збирання врожаю, що зменшує теоретичний потенціал на величину коефіцієнта технічної доступності.

На сьогодні, за обсягами виробництва сої, Україна займає перше місце у Європі і входить до дев'яти найбільших країн-виробників цієї культури у світі. Стрімко зростають в Україні її виробництво і посівні площі. Так, у 2009 році, площі під соєю становили близько 644 тис. га, а у 2015 році – 1922,2 тис. га. За останні 5 років, урожаї сої, в цілому по Україні, перевищили рівень 2,0 т/га. Це рекордні показники за час виробництва сої в країні. Найбільш крупними в Україні виробниками сої

¹¹⁰ Методика узагальненої оцінки технічно-досяжного енергетичного потенціалу біомаси / В. О. Дубровін та ін. Київ : ТОВ «Віолпринт», 2013. 25 с.

¹¹¹ Морозов Р. В., Федорчук Є. М. Оцінка біоенергетичного потенціалу рослинних відходів та енергетичних культур у сільському господарстві. *Науковий вісник ХДУ*, 2015. Вип. 10. Ч. 3. С. 111–117.

¹¹² Білявська Л. Г. Особливості якісного складу насіння сої за різних умов вирощування. *Зб. наук. пр. наук.-практ. конф. проф.-виклад. складу ПДАА* (за підсумками наук.-досл. роботи в 2016 р. (м. Полтава, 17–18 трав. 2017 р.)). Полтава : РВВ ПДАА, 2017. С. 193–194.

¹¹³ Kulyk M., Kalinichenko O., Dekovetz V. Efficiency of energy crops cultivation for business development in Ukraine. Organization and management in the services' sphere on selected examples : monograph / eds. T. Nestorenko, T. Pokusa. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2020. P. 36–45. URL: http://pedagogika.wsza.opole.pl/ebook/3_2020.pdf.

¹¹⁴ Оптимальні енергетичні системи з урахуванням наявного потенціалу відновлюваних джерел енергії у Лісостепу України : колективна монографія / за заг. ред. М. І. Кулика, О. В. Калініченка. Полтава : ПП «Астроя», 2019. 128 с.

є Полтавська, Вінницька, Черкаська, Кіровоградська, Київська, Одеська, Харківська, Дніпропетровська та Чернігівська області.

Відповідно коефіцієнту відходів, розрахована кількість рослинних решток сої в Україні за період 2006–2014 рр., яка надана у табл. 1.

1. Кількість рослинних відходів сої в Україні, 2006–2014 рр.

Вид продукту	Роки								
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Валовий збір зерна, тис. т									
Насіння	889,6	722,2	812,8	1044,0	1680,0	2264,0	2410,0	2774,0	3900,0
Кількість рослинних решток, тис. т									
Рештки	1067,5	902,7	1137,9	1409,4	2184,0	056,4	3374,0	4022,3	5850,0
Коефіцієнт рослинних решток, %									
Рештки	1,2	1,25	1,4	1,3	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5

Джерело: авторські розрахунки.

Кількість решток сої по роках досліджень та динаміка коефіцієнта рослинних решток змінювалася залежно від рівня врожайності культури. Так, в 2016 році, (посівна площа сої в області 182,4 тис. га) коефіцієнт перерахунку на рештки склав 2,6 при виході пожнивних решток 1232,9 тис. т.

Співвідношення накопиченої енергії у врожаї сої до затрат енергії на її виробництво представляє біоенергетичну оцінку її потенціалу. Основними показниками за проведення біоенергетичного оцінювання технології є вихід валової енергії на 1 га посіву, затрати енергії на 1 га посіву та коефіцієнт енергетичної ефективності. Аналіз показників енергетичної ефективності показав, що в середньому за 2009–2014 роки середній вміст загальної енергії у врожаї сої по різних сортах був відмічений на рівні 39000 (ранньостиглі сорти) – 45000 (пізньостиглі) МДж/га. При цьому, затрати енергії на вирощування сортів сої складали відповідно 17000–17500 МДж/га, а коефіцієнт енергетичної ефективності – 2,28–2,60. Затрати сукупної енергії за вирощування сої були в межах 17000–25500 МДж/га.

Крім того, кожний сорт сої формує відповідну якість насіння (табл. 2).

2. Вміст білку та жиру в насінні сортів сої, 2009–2016 рр.

Назва сорту	Білок, %	Жир, %	Сума запасних речовин, %
Александрит	38	20	58
Алмаз	38	23	61
Антрацит	39	26	65
Аннушка	35	20	55
Устя	36	20	56
Ворскла	38	21	59
Легенда	39	20	59
Діона	35	19	54
Київська 27	36	20	56
НІР ₀₅	1,2	2,4	2,6

Джерело: авторські розрахунки.

Згідно даних таблиці 2, сорти полтавської селекції мають максимальні показники білку та жиру, за сумарного запасу – 58–65 %. Хімічний склад насіння сої може бути наступним: білок – 30–45 %, вуглеводи – 20–32 %, жир – 13–26 %, клітковина – 2,9–11, зола – 4,5–6,8 %.

Показник теоретичного потенціалу відходів є досить нерівномірний по роках і залежить, головним чином, від урожайності сортів сої. Величина технічного потенціалу обмежується наявною технологією збирання врожаю.

З метою визначення потенційної продуктивності рослинних решток сої проаналізовано по 100 рослин різних сортів сої. Визначили їх середню масу однієї рослини з насінням (20–60 г), масу насіння (10–30 г або 40–50 %) та маса решток сої з 1 рослини (стебла та стулки бобів) – 15–35 г або 40–60 %.

В перерахунку на 1 га, за густоти стояння рослин 700 тис. шт./га, потенційна маса решток сої (стебла та стулки бобів) може становити 2–3 т. При збільшенні густоти стояння рослин – цей показник може збільшуватися.

Нами були вивчені сорти різних груп стиглості. Розподіл сортів за групами стиглості надано в табл. 3.

3. Групи стиглості сортів сої та їх класифікація

Групи стиглості	Міжнародна класифікація	Сума активних температур вище 10 °C	Тривалість вегетації, діб
Ультра ранні	000	1800–2200	до 90
Ранньостиглі	00	2200–2600	91–100
Середньоранньостиглі	0	2600–2800	101–110
Середньостиглі	I	2800–3000	111–120
Середньопізні	II	3000–3200	121–130
Пізнєостиглі	III	3200–3400	131–140

Джерело: авторські розрахунки.

Відповідно до різних груп стиглості змінюються сортові особливості. Сортові особливості по групах стиглості представлені в табл. 4.

4. Вихід основної та побічної продукції сої з розрахунку на 100 га, 2014–2016 рр.

Показники	Сорти сої по групах стиглості		
	Антрацит (скоростиглий)	Алмаз (ранньостиглий)	Васильківська (середньо-ранньостиглий)
Середня врожайність, т/га	2,35	2,53	2,81
Валовий збір насіння, т	2,35	2,53	2,81
Вміст білку, %	38	40	40
Вміст олії, %	24	23	21
Валовий збір решток з 1 га, т	3,29	3,54	4,22
Коефіцієнт рослинних решток	1,4	1,4	1,5
Вихід пожнивних решток з 100 га, т	329	354	422

Джерело: авторські розрахунки.

За умов середньої вартості соєвих решток в розмірі 500 грн/т, та враховуючи валовий збір з 1 га, наводимо загальну вартість побічної продукції за сортами різної групи стиглості: сорту Антрацит – 16450 грн/га, сорту Алмаз – 17700 грн/га, сорту Васильківська – 21100 грн/га. Перебування соєвих решток на полі призводить до зміни її вологості та сприяє вимиванню хлору та калію, що підвищує якість відходів як палива [115].

Згідно зональності розміщення сої, оновленої останнім часом, у Лісостепу України вони виглядають наступним чином.

5. Сорти сої різних груп стиглості, що рекомендовані для вирощування в умовах Лісостепу України

Зона України	Група стиглості	Сорти сої
Лісостеп	скоростиглі	Аннушка, Антрацит, Ворскла, Єлена, Знахідка, Ксеня, Лариса, Легенда, Либідь, Хуторяночка, Фея, Фортуна, Аметист
	ранньостиглі	Александрит, Алмаз, Адамос, Авантюрин, Аквамарин, Аполлон, Блискавиця, Білосніжка, Бояна, Говерла, Десна, Донька, Київська 98, Корада, Кивін, Лара, Медея, Мерлін, Мрія, Монада, Протеїнка, Романтика, Святкова, Седмиця, Смолянка, Срібна рута, Сузір'я, Фаєтон, Черемош, Чернятка, Ювілейна, Юг-30.
	середньоранньо-стиглі	Антарес, Васильківська, Величава, Вілана, Горлиця, Дельта, Даная, Ельдорадо, Золотиста, Іванка, Київська 97, Омега вінницька, Особлива, Подільська, Скеля, Смуглянка, Сонячна, Спринт, Супра, Стратегія, Східна, Таврія, Шарм, Ятрань.
	середньостиглі	Агат, Вінничанка, Колбі, Маша, Мельпомена, Одеська 150А, Подільська 1, Полтава, Срібна, Феміда, Чернівецька 8.

Джерело: авторські розрахунки.

У таблиці 6 подано результати розрахунків можливої кількості решток сої по роках досліджень та динаміка коефіцієнта рослинних решток, який змінювався залежно від рівня врожайності культури й валового збору насіння сої.

6. Вихід рослинних решток сої в Полтавській області, тис. т

Культура	Посівна площа, тис. га	Валовий збір основної продукції, тис. т	Коефіцієнт перерахунку на рештки	Вихід пожнивних решток, тис. т	До загального виходу, %
Соя	0,1	2,5	1,5	3,75	1,3
2016 рік	182,4	474,2	2,60	1232,9	1,8

Джерело: авторські розрахунки.

¹¹⁵ Таргоня В. Визначення реального потенціалу сільськогосподарської біомаси, придатної для використання на енергетичні потреби. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2012. Вип. 16 (30), кн. 2. С. 360–371.

При ефективній технології коефіцієнт енергетичної ефективності по основній продукції має становити більше одиниці. Найчастіше коефіцієнт відходів – фіксований та приблизно рівний 1. Це дуже приблизна оцінка, оскільки досить складно оцінити кількість решток, що була зібрана.

Перебування соєвих решток на полі призводить до зміни її вологості до 14–17 % ($Q = 14\text{--}15$ МДж/кг) та сприяє вимиванню хлору та калію, що підвищує якість відходів як палива.

Сорт має безпосередній вплив для виробництва біосировини. У Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2019 році занесені сорти створені в окремих ґрунтово-кліматичних умовах та мають свої особливості. Енергетичні показники сортів сої вивчали в залежності від груп стиглості. Результати розрахунків подані в табл. 7.

7. Вихід основної та побічної продукції сої за групами стиглості з розрахунку на 100 га (ФГ «Грига», Полтавська область, 2012–2016 рр.)

Сорт (група стиглості), енергетичні показники	Урожайність, т/га			Білок, %			Жир, %		
	min*	max**	середнє***	min*	max**	середнє***	min*	max**	середнє***
Антрацит (скоростиглий)	2,01	3,03	2,56	37	39	38	22	25,1	23,5
Сукупна енергія, накопичена в урожаї, МДж/га	36024	44502	40263	х	х	х	х	х	х
Енергетичні витрати, МДж/га	14322	14486	14404	х	х	х	х	х	х
Коефіцієнт енергетичної ефективності	2,51	3,07	2,8	х	х	х	х	х	х
Алмаз (ранньостиглий)	2,22	3,23	2,64	38	39	38	23	24,2	23
Сукупна енергія, накопичена в урожаї, МДж/га	37145	44997	41071	х	х	х	х	х	х
Енергетичні витрати, МДж/га	14385	14504	14445	х	х	х	х	х	х
Коефіцієнт енергетичної ефективності	2,58	3,1	2,84	х	х	х	х	х	х
Васильківська (середньоранньостиглий)	1,6	2,72	2,33	37	39	37	20	20,5	20
Сукупна енергія, накопичена в урожаї, МДж/га	35536	44012	39774	х	х	х	х	х	х
Енергетичні витрати, МДж/га	14302	14429	14366	х	х	х	х	х	х
Коефіцієнт енергетичної ефективності	2,48	3,05	2,77	х	х	х	х	х	х

Примітка: min* – несприятливі (посушливі) умови року (2006–2007 рр., 2009–2010 рр., 2013–2014 рр.); max** – сприятливі умови року (2011 р., 2016 р.); середнє*** – середня врожайність (2008 р., 2012 р., 2015 р.).

Джерело: авторські розрахунки.

Вихід пожнивних решток з 1 га(т) у сорту Антрацит – 3,5 т за врожайності 2,5 т/га, у сортів Алмаз і Васильківська, відповідно, 3,84 і 3,45 за врожайності 2,6 і 2,3 т/га. За площі сої в 2016 р. 182,4 тис. га, вихід пожнивних решток становив близько 1232,9 тис. т. За даними науковців, енергетичний потенціал решток сої складає 3800 ккал/ кг. Дослідження в умовах Лісостепу України з сортами сої продовжуються [116, 117, 118, 119, 120].

З кожним роком кількість рослинних решток сої зростає, але на цей показник впливають погодні умови року. Так, у 2006 р. їх було 1067,5 тис. тон, у 2010 р. – 2184,0 тис. тон, а у 2014 р. – 5850,0 тис. тон.

Аналізування показників енергетичної ефективності за 2006–2016 рр. показало, що затрати енергії на вирощування сортів сої за посушливих умов господарства ФГ «Грига» становили 14302–14385 МДж/га, а коефіцієнт енергетичної ефективності був на рівні 2,48–2,58. За сприятливих умов, відповідно – 14429–14504 МДж/га, коефіцієнт енергетичної ефективності – 2,48–2,58. Енергія, накопичена в урожаї сої за посушливих умов знаходилася в межах 35536–37145 МДж/га. За сприятливих умов – 44012–44502 МДж/га, коефіцієнт енергетичної ефективності – 3,05–3,1.

Полтавська область має значний потенціал альтернативного енергетичного соєвого продукту. За значних площ під соєю, коефіцієнт рослинних решток сої коливається в межах від 1 до 1,8 та залежить від особливостей сорту. Вихід пожнивних решток з 1 га у сорту Антрацит – 3,29 т за врожайності 2,35 т/га, у сортів Алмаз і Васильківська, відповідно 3,54 т і 4,22 т за врожайності 2,53 і 4,22 т/га. За площі сої в 2016 році 182,4 тис. га, вихід пожнивних решток становив близько 1232,9 тис. т. При реалізації цієї додаткової продукції, як сировини для біопалива, можна отримати 616450,0 грн. Використання побічної продукції сої, як біосировини, не має негативного впливу на економічну, екологічну та продовольчу безпеку країни. З урахуванням агроєкологічного обґрунтування, цей перспективний напрям використання сприятиме розширенню посівних площ під соєю, збільшенню її виробництва та відкріє нові перспективи для її виробників.

¹¹⁶ Курило В. Л., Кулик М. І., Калініченко О. В. Енергетичні культури : підруч. Полтава, 2019. 320 с.

¹¹⁷ Білявська Л. Г., Білявський Ю. В. Сортова специфіка формування основної та побічної продукції у сої. *Розробка та вдосконалення енергетичних систем з урахуванням наявного потенціалу альтернативних джерел енергії* : колективна монографія / за ред. О. О. Горба, Т. О. Чайки, І. О. Яснолоб. Полтава : ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2017. С. 202–210.

¹¹⁸ Білявська Л. Г., Білявський Ю. В. Сортова специфіка сої та потенціал їх рослинних решток. *Енергоефективність та енергозбереження: економічний, техніко-технологічний та екологічний аспекти* : колективна монографія / за заг. ред. П. М. Макаренка, О. В. Калініченка, В. І. Аранчій. Полтава : ПП «Астроя», 2019. С. 395–398.

¹¹⁹ Білявська Л. Г., Білявський Ю. В. Агро-кліматичні та ґрунтові умови Лісостепу України для вирощування сільськогосподарських та енергетичних культур. *Оптимальні енергетичні системи з урахуванням наявного потенціалу відновлюваних джерел енергії у Лісостепу України* : колективна монографія / за заг. ред. М. І. Кулика, О. В. Калініченка. Полтава : ПП «Астроя», 2019. С. 6–12.

¹²⁰ Білявська Л. Г., Білявський Ю. В. Економічна ефективність вирощування сучасних сортів сої для виробництва біосировини. *Енергоефективність і енергонезалежність сільських територій: передумови формування та функціонування* : кол. моногр. ; за ред. Т. О. Чайки, І. О. Яснолоб, О. О. Горба. Полтава : ПП «Астроя», 2020. С. 87–93.