

Galyna Trypolska, Vitaliy Krupin, Roman Podolets

Energia odnawialna na obszarach wiejskich Ukrainy w perspektywie zmian klimatycznych

Streszczenie: Artykuł poświęcony jest zbadaniu możliwości rozwoju odnawialnych źródeł energii (OZE) na obszarach wiejskich Ukrainy z uwzględnieniem zmian klimatycznych. Obszary wiejskie, a szczególnie rolnictwo, mają znaczny potencjał generowania energii w sposób przyjazny środowisku, jak również z wykorzystaniem własnych odnawialnych zasobów. Dzięki redukcji emisji gazów cieplarnianych działania tego rodzaju pozwolą na wzmocnienie bezpieczeństwa energetycznego oraz złagodzenie negatywnego wpływu sektorów energetycznego i rolnego na zmiany klimatyczne. W artykule rozpatrzono w tym kontekście różnorodne technologie OZE możliwe do wdrożenia na obszarach wiejskich Ukrainy, podano przykłady i przeanalizowano możliwości i bariery ich rozwoju. Ponadto zwrócono uwagę na działania konieczne do podjęcia w celu przystosowania rolnictwa do zachodzących zmian klimatu – zarówno zmniejszenia wkładu sektorów energetycznego i rolnego w negatywny wpływ na klimat, jak i takiej adaptacji rolnictwa, by kontynuowało ono pełnienie swoich funkcji i utrzymało odpowiedni poziom efektywności.

Słowa kluczowe: odnawialne źródła energii (OZE), obszary wiejskie, rolnictwo, zmiany klimatu, redukcja emisji gazów cieplarnianych, adaptacja do zmian klimatycznych, bio-energetyka, Ukraina.

Dr Galyna Trypolska, Narodowa Akademia Nauk Ukrainy, Instytut Ekonomii i Prognozowania, ul. Panasa Myrnoho 26, 01011 Kijów, Ukraina oraz Instytut Rozwoju Wsi i Rolnictwa PAN, Zakład Modelowania Ekonomicznego, ul. Nowy Świat 72, 00-330 Warszawa, e-mail: g.trypolska@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8830-7036; **dr Vitaliy Krupin**, Instytut Rozwoju Wsi i Rolnictwa PAN, Zakład Modelowania Ekonomicznego, ul. Nowy Świat 72, 00-330 Warszawa, e-mail: vkrupin@irwirpan.waw.pl, ORCID: 0000-0002-7388-6813; **dr Roman Podolets**, Narodowa Akademia Nauk Ukrainy, Instytut Ekonomii i Prognozowania, ul. Panasa Myrnoho 26, 01011 Kijów, Ukraina, e-mail: podolets@ief.org.ua, ORCID: 0000-0002-3276-5505.



Utwór dostępny jest na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 4.0 Międzynarodowe.
[Creative Commons CC BY 4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

1. Wprowadzenie

Intensyfikacja globalnych zmian klimatycznych jest coraz bardziej ewidentna. W trakcie konferencji klimatycznej COP26 w 2021 r. Sekretarz Generalny ONZ nazwał je wręcz kryzysem klimatycznym, wzywając jednocześnie do podjęcia pilnych działań w celu ich łagodzenia, sugerując rezygnację z paliw kopalnych (Bloomfield, Steward 2022). Klimat planety jest w coraz większym stopniu nieprzewidywalny, a ludzkość stoi przed podwójnym wyzwaniem: 1) wzmożenia działań we wszystkich możliwych sektorach gospodarki w celu powstrzymania dalszego negatywnego antropogenicznego oddziaływania na klimat oraz 2) przystosowania się do zmian klimatu, które już zachodzą i z pewnością będą się pogłębiać w przyszłości. Nawet jeżeli uda się globalnie utrzymać wzrost średniej temperatury w granicach 1,5°C, szkody i tak będą znaczne: do 2100 r. globalny PKB może obniżyć się z tego powodu o 8%, a coroczne straty spowodowane wyłącznie wzrostem poziomu światowego oceanu wyniosą 10,2 mld USD. Pomimo wcześniejszych założeń utrzymanie wzrostu globalnej temperatury w granicach 1,5°C jest jednak już teraz mało prawdopodobne (CarbonBrief 2022), a bardziej realistyczne (choć wciąż utrudnione) jest utrzymanie tego wzrostu w granicach 2°C. Podobny wzrost może zaś doprowadzić do spadku światowego PKB o 13%, a analogiczne coroczne straty spowodowane zmianą poziomu oceanów wyniosą 11,7 mld USD (Jevrejeva i in. 2018).

Wpływ na środowisko wywierany poprzez zachodzące zmiany klimatyczne jest wyraźnie zróżnicowany w zależności od kontynentu i położenia geograficznego. Nasilenie negatywnych zjawisk najbardziej odczują kraje afrykańskie, a także poszczególne wyspy na Pacyfiku. W krajach europejskich zmiany również będą niejednorodne. W przypadku państw Europy Wschodniej do 2100 r. przewiduje się wzrost średniorocznej liczby upalnych dni od 7 do 14 (w zależności od tempa wzrostu średniej temperatury na świecie, rozpatrywanego w granicach 1,5–4°C). Z kolei liczba nocy tropikalnych w Europie Wschodniej wzrośnie średnio od 5 do 11, a maksymalna temperatura w okresie letnim wzrośnie o 1,2–3°C. Jednocześnie średnioroczna liczba mroźnych dni zmniejszy się o 6–18, a średnioroczna temperatura w okresie zimowym może wzrosnąć w przedziale 1,6–5,3°C. Prawdopodobieństwo wystąpienia ekstremalnych upałów w każdym roku wzrośnie o 47–67%. Oczekiwane jest również znaczne nasilenie występowania susz, w Europie Wschodniej mogą one potencjalnie trwać od 2 do 8 miesięcy rocznie (CarbonBrief 2022).

Celem niniejszego opracowania jest studium możliwego wkładu Ukrainy w mitygację zmian klimatycznych poprzez wykorzystanie istniejącego w rolnictwie potencjału wytwarzania energii ze źródeł odnawialnych. Ponadto przeanalizowano też działania pozwalające przystosować rolnictwo do zachodzących zmian klimatycznych. Wielu ukraińskich naukowców kieruje swoje wysiłki badawcze na

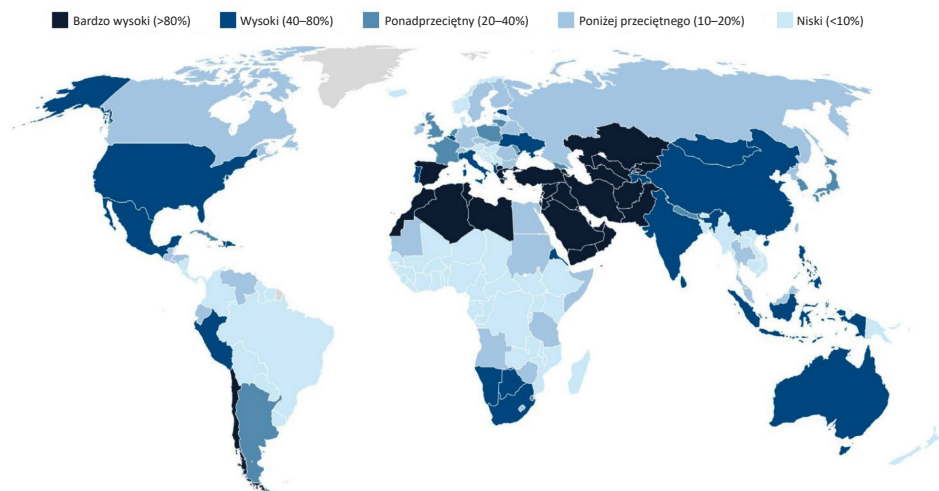
poszukiwanie rozwiązań w tym obszarze. Są to m.in.: Tetiana Afonchenkova (2016), Georgii Geletukha (Geletukha i in. 2020), Tetiana Zheliezna (2020), Hryhorii Kaletnik (Kaletnik, Kulik, Petrichenko 2007), Mykola Korchemny (Korchemny, Fedoreyko, Shcherban 2001), Viktor Klimenko i Oleksandr Mazur (Klimenko, Mazur, Sabashuk 2008). Większość prac koncentruje się jednak na perspektywach wykorzystania energii z biomasy, podczas gdy istnieją rozwiązania technologiczne pozwalające na użycie systemów pozyskiwania energii również z innych źródeł (takich jak słońce, woda, wiatr), a także kombinowanych systemów energetycznych.

2. Ukraina a zmiany klimatyczne – wyzwania i podejmowane działania

W ciągu ostatnich 30 lat średnia roczna temperatura w Ukrainie wzrosła o 1,7°C, z czego tylko podczas ostatniej dekady o 1,2°C. W wymiarze globalnym średnie tempo wzrostu temperatury wynosi 0,4°C na 10 lat, a średni światowy wzrost w okresie ostatnich trzech dekad wyniósł łącznie 1,2°C (Adamenko 2019). Pokazuje to, że średnia temperatura w Ukrainie rośnie szybciej od średniej światowej. Skutki zmian klimatu stają się coraz bardziej oczywiste, przede wszystkim w postaci wzrastającej intensywności i liczby ekstremalnych zjawisk pogodowych: powodzi, susz, nietypowych opadów deszczu, gradu i śniegu, wydłużających się okresów upalnych i pożarów lasów. Ukraina jest jednym z krajów europejskich z największym deficytem wody (Snizhko, Shevchenko, Didovets 2021). Zgodnie z prognozami (EIU 2021), problem niedoboru wody w najbliższych dziesięcioleciach będzie się tylko pogłębiał (rysunek 1), co grozi praktycznie wszystkim uprawom roślinnym i jest niekorzystne dla hodowli zwierząt gospodarskich. Już teraz południowe regiony Ukrainy nadają się do upraw wyłącznie pod warunkiem zapewnienia tam dodatkowej irygacji, a lokalnie dostępna woda jest coraz bardziej ograniczona.

Susze występujące w Ukrainie w latach 2003 i 2007 spowodowały straty gospodarcze na poziomie ok. 3 mld EUR, a susza w 2012 r. przyniosła straty w wysokości 1,7 mld EUR. Wskutek podobnych zjawisk, wywołanych przez brak opadów, średnie roczne straty plonów w Ukrainie wahają się od 10 do 70% (FAO 2021). Aby zapewnić Ukrainie podstawy zrównoważonego rozwoju rolnictwa, należy znaleźć rozwiązanie problemu deficytu wilgotności gleb wynoszącego obecnie 100–150 mm, który jest aktualnie kluczowym powodem zmniejszenia plonów (Adamenko 2019).

W celu przeciwdziałania zmianom klimatycznym Ukraina przygotowała już wiele dokumentów prawnych, stała się jednym z pierwszych krajów europejskich, które ratyfikowały Porozumienie paryskie do Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu (VRU 2016). W 2015 r. przygotowała niezbędny krajowy wkład do projektu nowego globalnego porozumienia klimatycznego, który wszedł w życie wraz z Porozumieniem paryskim (UNFCCC 2016). W 2016 r.



Rysunek 1. Oczekiwany niedobór zasobów wody słodkiej w 2040 r.

Figure 1. The expected level of freshwater stress in 2040

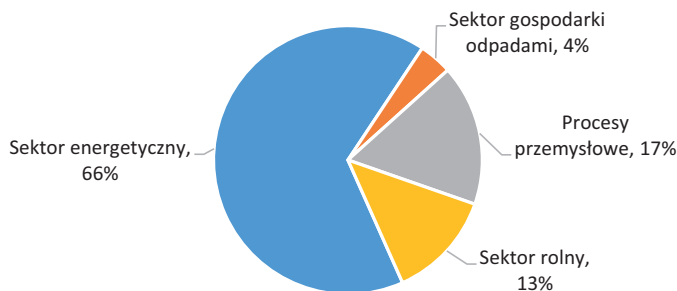
Źródło: opracowanie własne na podstawie EIU 2021.
Source: own study based on EIU 2021.

została zatwierdzona koncepcja realizacji polityki państwa w zakresie zmian klimatu do 2030 roku (KMU 2016), a w 2017 r. – oficjalny plan działań na rzecz realizacji powyższej koncepcji (KMU 2017). W tymże roku została również zatwierdzona Strategia rozwoju niskoemisyjnego Ukrainy do 2050 roku (MEPNRU 2017). W 2021 r. Ukraina przedłożyła swój zaktualizowany krajowy wkład do Porozumienia paryskiego (UNFCCC 2021), a w 2021 r. zatwierdzono Strategię bezpieczeństwa środowiska i adaptacji do zmian klimatu do 2030 r. Kolejnym krokiem jest opracowanie i zatwierdzenie strategii sektorowych i planów działań na rzecz adaptacji do zmian klimatu, w tym Strategii adaptacji rolnictwa Ukrainy, która ze względu na obecną, niekorzystną sytuację geopolityczną, będzie realizowana dopiero w powojennej Ukrainie.

Ponadto w 2021 r. zatwierdzono Narodową strategię gospodarczą do 2030 r. (KMU 2022a), która przewiduje osiągnięcie neutralności klimatycznej Ukrainy nie później niż w 2060 r.

3. Rolnictwo Ukrainy w kontekście zmian klimatu

Rolnictwo to sektor gospodarki szczególnie wrażliwy na zmiany warunków pogodowych i klimatycznych. Jednocześnie samo rolnictwo w znacznej mierze przyczynia się do negatywnych zmian klimatu poprzez wkład do ogólnej emisji gazów



Rysunek 2. Udział poszczególnych sektorów w krajowej emisji gazów cieplarnianych Ukrainy w 2019 r.

Figure 2. Share of specific sectors in domestic greenhouse gas emissions of Ukraine in 2019

Źródło: opracowanie własne na podstawie MEPNRU 2021a.
Source: own study based on MEPNRU 2021a.

cieplarnianych. Rolnictwo w Ukrainie odpowiada za ok. 13% krajowej emisji gazów cieplarnianych (rysunek 2).

Według Krajowego Raportu Inwentaryzacyjnego Ukrainy obejmującego lata 1990–2019 (MEPNRU 2021a) łączny poziom emisji gazów cieplarnianych rolnictwa Ukrainy stanowił 42,5 Mt ekwiwalentu CO₂, czyli o 51,1% mniej niż w 1990 r. i o 4,1% mniej w porównaniu z 2018 r. W 2019 r. głównymi źródłami emisji w odniesieniu do rolnictwa w Ukrainie (wyrażonymi w ekwiwalencie CO₂) były: uprawa gleb, czyli 75,7% całkowitej emisji sektora, oraz fermentacja jelitowa zwierząt gospodarskich (18,5% emisji). Struktura emisji gazów cieplarnianych z rolnictwa Ukrainy składa się odpowiednio w 78,1% z podtlenku azotu (N₂O), w 21,1% z metanu (CH₄) oraz w 0,8% z dwutlenku węgla (CO₂). Głównymi źródłami emisji N₂O są uprawa gleb i gospodarowanie nawozami, a CH₄ – fermentacja jelitowa i również gospodarowanie nawozami (MEPNRU 2021a). Wysoki udział N₂O wynika ze znacznego rozszerzenia areалу i intensyfikacji upraw roślinnych (przede wszystkim zbożowych), a obniżający się wkład rolnictwa w emisję CH₄ ma związek ze znacznym spadkiem produkcji zwierzęcej i – odpowiednio – zmniejszeniem pogłowia inwentarza żywego (nawet do 90% w przypadku bydła w porównaniu z 1990 r. [DSSU 2022]). Warto zauważyć, że metodyka IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change; Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu) wykorzystywana do powyższych obliczeń kwalifikuje energię wykorzystywaną w rolnictwie (np. paliwo do maszyn lub ogrzewania/chłodzenia) do sektora energetycznego. W związku z tym faktyczny wkład działalności rolniczych w emisję gazów cieplarnianych kraju jest jeszcze wyższy.

Nie jest łatwym zadaniem sprecyzowanie, jaki poziom redukcji emisji gazów cieplarnianych z rolnictwa można osiągnąć poprzez wdrażanie technologii produkcji energii ze źródeł odnawialnych. Według raportu analitycznego Ministerstwa Ekologii i Zasobów Naturalnych Ukrainy (MEPNRU 2021b) największy wzrost emisji gazów cieplarnianych obserwowany jest w kategorii „Gleby rolne” (w porównaniu z 2017 r. emisje w tej kategorii wzrosły o 12,7%). Aby przeciwdziałać emisji w tej kategorii, kluczowymi instrumentami polityki klimatycznej powinny być sposoby motywowania rolników do: bardziej precyzyjnych technologii uprawy, które zatrzymywałyby wilgoć i zachowywałyby materię organiczną w nienaruszonym stanie; stosowania nawozów o spowolnionym uwalnianiu substancji odżywczych; zwiększania areału pod uprawami ekologicznymi; przestrzegania płodozmianu; budowy biogazowni dla utylizacji odchodów zwierzęcych. Według prognoz Europejskiego Banku Odbudowy i Rozwoju (EBRD 2020) do 2030 r. emisje pochodzące z sektora zwierzęcego (fermentacji jelitowej i gospodarowania nawozami) zmniejszą się jeszcze bardziej dzięki ulepszeniu stosowanych praktyk rolniczych i wdrażaniu technologii produkcji biogazu z odchodów zwierzęcych.

Jeżeli podobne działania będą wdrażane, to poziom emisji gazów cieplarnianych do 2030 r. mógłby obniżyć się nawet do poziomu 44% w porównaniu z rokiem 1990. Jednakże, biorąc pod uwagę obecną wojnę rosyjsko-ukraińską, trudno mówić o perspektywach zmian wielkości emisji gazów cieplarnianych w rolnictwie czy energetyce. Aktualnie ewidentne są czynniki, które przyczyniają się do czasowego spadku emisji, w tym poprzez zmniejszenie powierzchni zasiewów spowodowane niedoborem paliwa (zarówno w wyniku jego braku, jak i wysokich cen), a także wojсковą okupacją części terytorium Ukrainy (zgodnie ze stanem na czerwiec 2022 r. jest to ok. 20% powierzchni Ukrainy [Ecoaction 2022]). Według prognoz Gabinetu Ministrów Ukrainy areał zasiewów kluczowych upraw wiosną 2022 r. na terytorium kontrolowanym przez Ukrainę wyniósł 14 163,4 tys. ha, czyli o 2752,9 tys. ha mniej w porównaniu z rokiem ubiegłym. Powierzchnia upraw pszenicy jarej i soi utrzymała się na tym samym poziomie, a w przypadku słonecznika nieznacznie się zmniejszyła (KMU 2022b). Z kolei potencjał redukcji CH₄ w dużym stopniu zależy od liczby zwierząt gospodarskich, przy czym aktualnie zmiany w pogłowie nie są oczekiwane. Łącznie, aby wdrożyć postanowienia rządowe dotyczące transformacji rolnictwa do 2030 r., przewidziane w odnowionym planie Ukrainy w ramach Porozumienia paryskiego, potrzebne są inwestycje rzędu 2,3 mld EUR (EBRD 2020). Ponadto aktualne działania wojenne są nadzwyczajnie mocnym czynnikiem zwiększającym nieuwzględnione w państwowej inwentaryzacji emisje gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń powietrza, wody i gleb. Ich wpływ na środowisko oddala na wiele lat progres starań ukierunkowanych na jego ochronę.

4. Energia w rolnictwie Ukrainy – sposoby wykorzystania i zapotrzebowanie

W sektorze rolnym energię wykorzystuje się w wielu obszarach. W produkcji zwierzęcej do: ogrzewania i chłodzenia pomieszczeń, wentylacji, żywienia, dojenja, wstępnego przetwarzania produktów (np. mleka), kontroli mikroklimatu (np. wilgotności), usuwania obornika czy transportu produktów do miejsc przetwarzania. Natomiast w produkcji roślinnej energia jest konieczna do takich działań, jak: przygotowanie nasion, uprawa gruntów rolnych, nawadnianie, siew, pielęgnacja roślin (m.in. odchwaszczanie, stosowanie środków ochrony roślin, nawozów), zbiór i transport.

Pod względem intensywności zużycia energii powyższe dwa rodzaje zapotrzebowania są zróżnicowane. W hodowli zwierząt do 80% łącznej wykorzystywanej energii zużywa się na ogrzewanie pomieszczeń, podgrzewanie wody i przygotowanie pasz w okresie zimowym. Przy produkcji roślinnej w strukturze bezpośredniego zużycia najwięcej energii wykorzystuje się w procesach transportu i zbiorów (tabela 1), w tym zbiory odpowiadają za 1/3 łącznego zużycia energii (Korchemny, Fedoreyko, Shcherban 2001).

Tabela 1. Struktura bezpośredniego zużycia energii na 1 ha uprawy pszenicy (plon – 5,29 t/ha)

Table 1. Structure of direct energy inputs per 1 ha of wheat cultivation (yield – 5.29 t/ha)

Etapy produkcji	Zużycie energii (GJ)	Udział poszczególnych etapów w łącznym zużyciu energii (%)
Uprawa podstawowa	1,1	7
Stosowanie nawozów	1,3	9
Uprawa przedsiewna i siew	1,5	10
Pielęgnacja upraw	0,7	5
Żniwa	4,4	30
Transport	5,9	40
łącznie	14,9	100

Źródło: opracowanie własne na podstawie Korchemny, Fedoreyko, Shcherban 2001.

Source: own study based on Korchemny, Fedoreyko, Shcherban 2001.

Również poszczególne uprawy roślinne mają zróżnicowane zapotrzebowanie na energię. W tym kontekście można zaproponować podział zużywanej energii na bezpośrednią (paliwo i praca) oraz pośrednią (nawozy, środki ochrony roślin). Podsumowując ten wątek, ilość energii wykorzystywanej w uprawach rzędowych

Tabela 2. Uśrednione nakłady energii dla wybranych upraw roślinnych w strefie leśno-stepowej Ukrainy**Table 2.** Average energy inputs for cultivation of selected crops in the forest-steppe zone of Ukraine

Uprawy	Całkowite zużycie energii	Koszty bezpośrednie				Pośrednie zużycie energii (nawozy, środki ochrony roślin)	
		Paliwo		Praca		MJ/ha	%
	MJ/ha	Kg/ha	MJ/ha	Osób/rok	MJ/ha		
Buraki cukrowe	53 830,5	240,1	12 757,8	63,4	2480,7	38 591,0	71,7
Pszonica ozima	17 385,1	107,5	5983,7	14,4	537,5	10 863,9	62,5
Jęczmień jary	11 258,0	70,5	3744,1	8,9	386,5	6927,4	61,5
Kukurydza na ziarno	24 311,6	165,0	8737,3	18,8	818,2	14 756,1	60,7
Kukurydza na kiszonkę	27 129,7	198,9	10 517,8	24,7	1071,3	15 540,6	57,3
Groszek	10 810,5	81,3	4512,5	9,9	404,2	5893,8	54,5
Koniczyna	20 886,4	91,6	10 600,5	25,1	1504,5	8181,4	40,3

Źródło: opracowanie własne na podstawie Korchemny, Fedoreyko, Shcherban 2001.

Source: own study based on Korchemny, Fedoreyko, Shcherban 2001.

(buraki cukrowe) znacznie przewyższa wkład energii niezbędny do upraw zbożowych (tabela 2).

Jak widać z przedstawionych danych, zależność produkcji roślinnej od zużycia zasobów produkcyjnych (szczególnie energetycznych) jest mniej funkcjonalna i bardziej pośrednia niż w przemyśle (Korchemny, Fedoreyko, Shcherban 2001). Energochłonność w rolnictwie ma również wiele innych cech, w szczególności w hodowli zwierząt zdecydowana większość procesów technologicznych musi odbywać się w określonym przedziale godzinowym w ciągu doby (np. biorąc pod uwagę czas i trwałość udoju mleka). Wskaźniki zużycia energii w uprawach roślinnych i produkcji zwierzęcej zależą również od kombinacji wielu czynników: warunków pogodowych, pory roku i dnia, a specjalistyczny sprzęt ze względu na sezonowość jest wykorzystywany tylko w określonym czasie.

W rolnictwie występuje też wiele współzależności zużycia i generowania energii. Przykładowo, patrząc na kryteria efektywności energetycznej, na 1 kalorie energii zużytej przy produkcji roślinnej wytwarza się średnio 2–4 kalorie energii możliwej do uzyskania z powstałej biomasy. Jednocześnie w hodowli zwierząt 1 zużyta kaloria generuje średnio zaledwie 0,2 kalorii energii, a synteza 1 g białka zwierzęcego wymaga zużycia 9 g białka roślinnego. Czyli przy dwu- lub trzykrotnym wzroście

produkcji rolnej energochłonność procesów jej wytwarzania wzrasta od 10 do 15 razy (Kaletnik, Kulik, Petrichenko 2007).

5. Obszary wiejskie i rolnictwo Ukrainy jako źródło energii odnawialnej

Istnieje szerokie spektrum działań pozwalających na redukcję emisji gazów cieplarnianych z rolnictwa i mitygację zmian klimatu. Są to konkretne praktyki rolnicze i technologie produkcyjne możliwe do wdrożenia w procesach wytwarzania produkcji roślinnej i zwierzęcej. W dalszej części artykułu postanowiono skupić się na szczegółowej analizie możliwości wykorzystania w tym zakresie odnawialnych źródeł energii (OZE) i zagłębić się w dany temat na podstawie wyników badań predyspozycji i potencjału rolnictwa Ukrainy w kontekście zagwarantowania funkcjonowania OZE i możliwości ich wykorzystania, zarówno dla rozwoju sektora rolnego, jak i dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju.

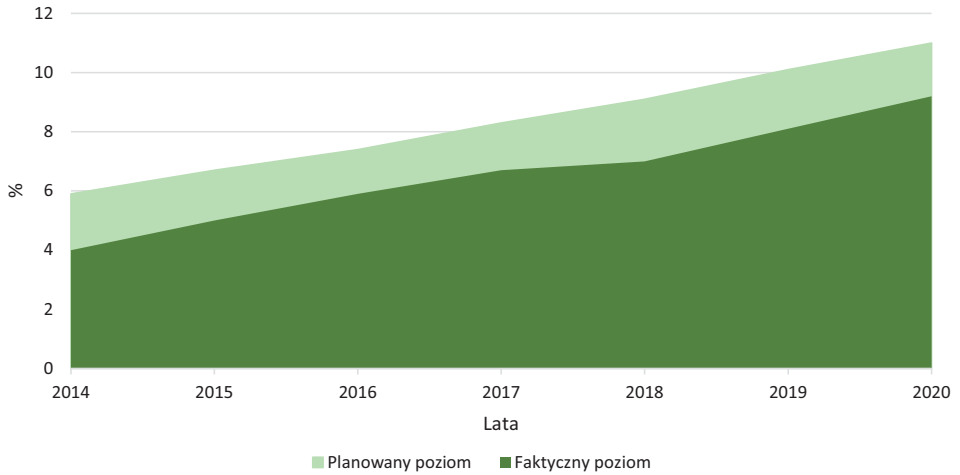
Ogólnie rzecz ujmując – tak na poziomie naukowym, jak i politycznym – Ukraina ma znaczny potencjał wytwarzania energii z odnawialnych źródeł (AVE 2021; SAE 2021; Geletukha i in. 2020). Potwierdza to relatywnie wysoki udział energii pozyskanej z OZE w krajowym bilansie energetycznym. W 2020 r. łączny udział OZE w końcowym zużyciu energii wyniósł 9,2% (w tym z uwzględnieniem dużych hydroelektrowni przepływowych). Był to poziom o 1,8% niższy od zakładanego w narodowym planie działań na rzecz OZE do 2020 r. (KMU 2014), lecz w ciągu kilku lat ewidentnie występował trend wzrostowy (rysunek 3). Produkcja energii elektrycznej z OZE rozwinęła się głównie dzięki dość wysokim stawkom taryfy gwarantowanej¹ (tzw. taryfa zielona).

Największy udział w OZE Ukrainy wciąż ma energia słoneczna, osiągając w 2020 r. moc na poziomie 6094 MW, przy czym tempo jej wzrostu jest również największe w ostatniej dekadzie (rysunek 4). Instalacje bazujące na innych źródłach energii odnawialnej mają udział w łącznej mocy OZE zaledwie na poziomie 27%, przy czym moce instalacji na biomasie i biogazie to tylko odpowiednio 109 MW i 103 MW.

Od 2020 r. pewne czynniki wewnętrzne i zewnętrzne zaczęły wpływać na wzrost produkcji energii ze źródeł odnawialnych. Czynniki wewnętrznymi były tu przejście od 2019 r. do modelu rynku energii elektrycznej na podstawie umów dwustronnych² oraz doskonalenie technologii produkcji energii ze źródeł odna-

¹ Taryfa gwarantowana – taryfa na energię elektryczną z OZE, która jest mechanizmem zachęcania podmiotów i użytkowników indywidualnych do wytwarzania energii z OZE i jej odsprzedaży do sieci.

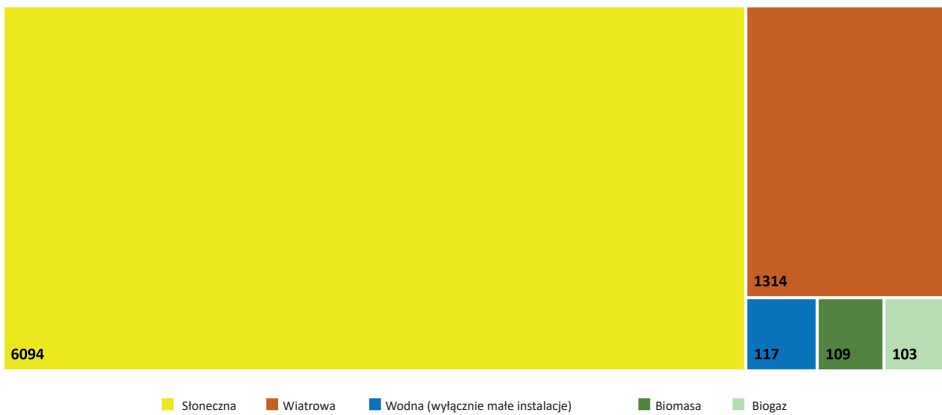
² Umowa dwustronna – umowa zakupu i sprzedaży energii elektrycznej zawarta między dwoma niezależnymi uczestnikami rynku (z wyjątkiem umów na dostawę energii elektrycznej do indywidualnych odbiorców końcowych).



Rysunek 3. Udział energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii Ukrainy (w %)

Figure 3. Share of energy from renewable sources in the final energy consumption of Ukraine (in %)

Źródło: opracowanie własne na podstawie SAAE 2021.
Source: own study based on SAAE 2021.



Rysunek 4. Moc poszczególnych źródeł energii odnawialnej Ukrainy (koniec 2020 r.; w MW)

Figure 4. Capacity of selected renewable energy sources of Ukraine (end of 2020; in MW)

Źródło: opracowanie własne na podstawie EUEA 2022.
Source: own study based on EUEA 2022.

wialnych, a w związku z tym – obniżenie kosztów inwestycji. Czynniki zewnętrzne obejmowały zaś stale rosnące ceny importowanej energii, a także bardziej restrykcyjne przepisy klimatyczne i energetyczne (głównie te w UE). Dzięki tym czynnikom wzrosła liczba realizowanych projektów OZE na obszarach wiejskich i w rolnictwie, szczególnie tych wdrażanych w celu zastąpienia gazu ziemnego oraz dla optymalizacji wykorzystania zasobów w przedsiębiorstwach rolnych.

Potencjał rozwoju nowoczesnych technologii OZE w rolnictwie ukraińskim istnieje zarówno w produkcji zwierzęcej, jak i roślinnej, co przy zastosowaniu przemysłanych instrumentów politycznych (w tym regulacyjnych i finansowych) otwiera perspektywy szybkiej modernizacji branży energetycznej i wzrostu w niej udziału OZE w perspektywie średnioterminowej (5–20 lat). Podobne technologie opierają się głównie na efektywnym wykorzystaniu OZE w połączeniu z tradycyjnymi paliwami czy rozwiązaniami, czego przykładami są: energia elektryczna z małych elektrowni wodnych; systemy zaopatrzenia w energię z wykorzystaniem lokalnej biomasy; energia słoneczna do podgrzewania wody; biopaliwa dla transportu; energia wiatru połączona z energią biomasy (najczęściej z odpadami poprodukcyjnymi); biogazownie (Kucherenko 2000). Należy też dodać, że zastosowanie OZE na obszarach wiejskich ma szczególne perspektywy rozwoju w tych miejscowościach, gdzie elektryfikacja i budowa linii przesyłowych są utrudnione ze względów finansowych lub fizycznych utrudnień (np. w regionach górzystych).

Dodatковым atutem pozyskiwania i wykorzystywania energii ze źródeł odnawialnych są wyższe poziomy efektywności nowoczesnych technologii. W przypadku ogrzewania możliwość wymiany przestarzałych kotłów na nowoczesne pozwala na uzyskanie wyższej wydajności, a wykorzystanie elementów OZE (biomasy z resztek poźniwnych czy roślin energetycznych) prowadzi do obniżenia kosztów funkcjonowania instalacji. W przypadku gospodarstw zaangażowanych w produkcję zwierzęcą stosowanie energooszczędnych systemów regulacji mikroklimatu, zautomatyzowanych systemów żywienia zwierząt, ogrzewania podłogowego – również pozwala na podwyższenie efektywności, zarówno kosztów produkcji w ogóle, jak i zużycia energii elektrycznej i ciepłej.

Rozpatrując poszczególne typy OZE dla obszarów wiejskich, warto wyodrębnić i szczegółowo omówić wykorzystanie energii słońca, wiatru, biomasy i biogazu.

Energia słoneczna może być używana do wytwarzania prądu, ogrzewania, chłodzenia czy wentylacji. Kolektory słoneczne mogą być wykorzystywane do suszenia zbiorów, ogrzewania domów i budynków gospodarskich, podgrzewania wody, zasilania pomp wodnych i ogrodzeń elektrycznych. W 2021 r. koszt inwestycji na 1 kW instalacji fotowoltaicznej w Ukrainie wynosił 700–1000 USD (AVE 2021). Przykładem zastosowania podobnych instalacji na obszarach wiejskich Ukrainy jest gospodarstwo rolne w rejonie nowoukraińskim (obwód kirowohradzki), gdzie

zainstalowano elektrownię słoneczną o mocy 1331 kW, a także pompę ciepła do ogrzewania i klimatyzowania pomieszczeń. Pojawiają się również inicjatywy wykorzystania instalacji fotowoltaicznych w pszczelarstwie, gdzie otrzymana energia elektryczna pozwala dodatkowo na wysuszenie pyłku. W rolnictwie można wykorzystywać także tzw. wodę słoneczną – czyli wodę podgrzaną przez kolektory słoneczne, która dostarczana jest do gospodarstwa rolnego i wykorzystywana jako woda pitna dla zwierząt gospodarskich oraz do obsługi maszyn i instalacji (Korchemny, Fedoreyko, Shcherban 2001).

Popularność w Ukrainie zyskuje taki sposób wykorzystania energii słonecznej, jak agrofotowoltaika, a więc budowanie specjalnych konstrukcji z panelami słonecznymi bezpośrednio na polach, w tym nad uprawami rolnymi. Kluczowym czynnikiem rozwoju tej technologii jest wzrost konkurencji na rynku gruntów (zwłaszcza rolnych), która pogłębia się wraz ze wzrostem mocy podobnych instalacji, gdyż technologia ta jest intensywna przestrzennie. Zaostrza ona tym samym wyzwanie polegające na znalezieniu balansu między trzema kluczowymi zasobami: wodą, energią i ziemią (Barron-Gafford i in. 2019). W związku z tym skuteczne połączenie procesów (produkcja energii, uprawa roślin i ich zacieńnianie powodujące zmniejszenie zapotrzebowania na wilgoć) jest podejściem obiecującym. W Ukrainie obszar ten wymaga jeszcze szczegółowych analiz pod względem poszczególnych upraw, ale doświadczenia innych krajów europejskich (np. Niemiec) wskazują, że podobne podejścia mogą pozwolić na osiągnięcie dobrych rezultatów w przypadku upraw ziemniaków, owoców, a nawet winogron. W wypadku innych (np. pszenica ozima) mogą jednak prowadzić do niższej wydajności, dlatego potrzebne są dalsze badania eksperymentalne w tym zakresie (Schindele i in. 2020).

Z kolei energia z wiatru może być z powodzeniem uzyskiwana nie tylko bezpośrednio poprzez instalacje turbin wiatrowych, lecz także przez łączenie tych technologii z innymi źródłami energii (m.in. z instalacjami na olej napędowy lub biogazowniami). Pierwsze farmy wiatrowe w ukraińskim rolnictwie zaczęły być wykorzystywane jeszcze w latach 60. XX w., przede wszystkim do wytwarzania energii elektrycznej do suszenia zboża i zaopatrzenia gospodarstw w wodę; średnia moc instalacji wynosiła wtedy 4 kW. Instalacje były jednak niedoskonałe technologicznie, a w związku z centralizacją dostaw energii większość z nich została zdemontowana. Dlatego też w 1987 r. oszczędności energii powstałe dzięki wykorzystaniu siły wiatru w rolnictwie wyniosły zaledwie 10 tys. kWh. Przy obecnym poziomie rozwoju technologicznego możliwe jest instalowanie turbin na polach i w gospodarstwach rolnych – turbiny te zajmują mało miejsca, dzięki czemu w ich pobliżu można uprawiać rośliny lub wypaszać zwierzęta. W 2021 r. koszt inwestycji 1 kW instalacji wiatrowej wynosił 3,5 tys. USD (AVE 2021).

Nawet małe turbiny mogą być przydatne w rolnictwie, np. do produkcji energii do rozdrabniania paszy, pompowania wody itd. (Afonchenkova 2016). Tendencja ta może rozprzestrzenić się w Ukrainie wraz z popularyzacją spółdzielni energetycznych³, co w pełni odpowiadałoby również ścieżkom rozwoju energetyki w UE (m.in. czwartemu pakietowi energetycznemu⁴).

Energia z biomasy w Ukrainie jest zaś wykorzystywana od dawna, głównie poprzez bezpośrednie spalanie roślin, mimo że relatywnie efektywność tego procesu jest niska. Obecnie arsenał technologii wykorzystania biomasy jest znacznie większy niż jeszcze kilka dekad temu, co pozwala na uzyskanie większej efektywności działania podobnych urządzeń i osiągnięcie kryteriów środowiskowych (takich jak utylizacja odpadów, redukcja emisji CO₂). Główne technologie przetwarzania biomasy i przygotowania do wykorzystania jej w instalacjach energetycznych to brykietowanie, granulacja, zgazowanie, piroliza, bezpośrednie spalanie, fermentacja beztlenowa, produkcja biopaliw ciekłych. Dwie pierwsze zwiększają gęstość produktów biomasy w porównaniu z gęstością nasypową. Termochemiczne zgazowanie biomasy z późniejszym wykorzystaniem gazu generatorowego można wykorzystywać w silnikach ciepłych. Technologia ta jest skuteczna w przypadku dużej skali produkcji z wysokim współczynnikiem resztek biomasy (np. w cukrowniach). Z kolei zgazowanie odpadów drzewnych pozwala na uzyskanie gazu opałowego, który może być wykorzystany jako paliwo w kotłach czy turbinach gazowych (tabela 3). W ostatnich latach w Ukrainie aktywnie rozwijają się plantacje energetyczne, tj. uprawa odpowiednich roślin energetycznych (miskant, wierzba, eukaliptus, topola, szczaw, proso różgowate) na potrzeby bioenergetyki. Rośliny te są przetwarzane na pelety, brykiety, a następnie wykorzystywane do produkcji ciepła i/lub energii elektrycznej. Oczekuje się, że rośliny energetyczne będą stanowić ponad połowę całej energii Ukrainy

³ Obecnie w Ukrainie działają trzy spółdzielnie energetyczne: Słoneczne Miasto, Jagidnyi Kraj i Beriezdiwskyi kooperatyw energetyczny. Towarzystwo konsumentów Słoneczne Miasto to miejska spółdzielnia energetyczna bazująca na energii odnawialnej. Spółdzielnia zainwestowała w instalację fotowoltaiczną o mocy 200 kW w mieście Sławutycz (obwód kijowski). W lutym 2020 r. uzyskała koncesję na produkcję energii elektrycznej, a od marca 2020 r. sprzedaje energię elektryczną do sieci według państwowej taryfy gwarantowanej. Niewielka część zysku spółdzielni (5%) przeznaczana jest na finansowanie potrzeb miasta, określonych przez samorząd lokalny. Tworzenie spółdzielni energetycznych w Ukrainie jest szczególnie obiecujące na obszarach wiejskich, gdzie mieszka ok. 30% ludności kraju, a koszt i jakość usług energetycznych nie wszędzie są zadowalające. Istnieje również przykład zrzeszenia społeczności lokalnej i utworzenia spółdzielni energetycznej, gdzie wspólnota lokalna wykorzystuje jako surowce energetyczne resztki poprodukcyjne (spółdzielnia Jagidnyi Kraj w obwodzie tarnopolskim). Z kolei Beriezdiwskyi kooperatyw energetyczny (Berezdiwska wspólnota lokalna w obwodzie chmielnickim) skupuje od miejscowych rolników słomę, z której później produkuje brykiety do ogrzewania miejscowej szkoły.

⁴ https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/pl/FTU_2.1.9.pdf (dostęp: 21.06.2022).

Tabela 3. Wydajność instalacji elektrycznych na biomase przy zgazowaniu**Table 3.** Efficiency of biomass-based electrical installations with gasification

Typy	Moc (MW)	Wydajność (%)	Koszt energii elektrycznej (USD/kWh)
Olej napędowy	0,5–10	38–40	0,05–0,06
Turbina gazowa	1–30	28–36	0,055–0,065
Gaz parowy	20–150	42–49	0,045–0,055

Źródło: opracowanie własne na podstawie Korchemny, Fedoreyko, Shcherban 2001.

Source: own study based on Korchemny, Fedoreyko, Shcherban 2001.

z biomasy do 2050 r., przy zawartości energii będącej ekwiwalentem 14,7 mln ton ropy naftowej (Geletukha i in. 2020).

Z kolei piroliza biomasy to metoda termochemicznego przetwarzania biomasy poprzez rozkład związków organicznych bez dostępu tlenu w temperaturach od 200 do 600°C. Inną metodą jest fermentacja beztlenowa materii organicznej, przeprowadzana w celu utylizacji odpadów roślinnych i zwierzęcych oraz uzyskania biogazu i nawozów. Biogaz w tej technologii zawiera 60–70% metanu (CH₄) i 30–40% dwutlenku węgla (CO₂). Biogaz może być wykorzystywany jako alternatywa dla gazu ziemnego do wytwarzania energii cieplnej albo (po dalszym oczyszczeniu) jako paliwo silnikowe. Niemniej jednak najbardziej racjonalne dla Ukrainy jest jego wykorzystanie do produkcji energii elektrycznej ze względu na funkcjonowanie taryfy gwarantowanej. Szczególnie dobre warunki do produkcji biogazu występują właśnie na obszarach wiejskich, gdyż możliwe jest wykorzystanie odpadów zwierzęcych w gospodarstwach rolnych. Skład i właściwości fizykochemiczne biogazu zależą od typu surowca, niemniej jego głównymi składnikami są CH₄ i CO₂ (tabela 4), które przy produkcji biogazu nie są emitowane do atmosfery, co jest dodatkowym atutem środowiskowym. W zależności od składu chemicznego surowca, uzysk biogazu z 1 tony materii organicznej wynosi 350–500 m³ biogazu.

Biogazownie w dużych gospodarstwach zwierzęcych mogą zaspokoić do 100% ich zapotrzebowania na energię. Ciepło pozyskiwane ze spalania 1 m³ biogazu jest równe 0,7 kg mazutu, 0,4 kg benzyny, 0,6 kg nafty czy 3,5 kg drewna opałowego (Korchemny, Fedoreyko, Shcherban 2001). Rozwój biogazowni w Ukrainie w ostatniej dekadzie nabiera szczególnego tempa, przy czym na początek 2022 r. w kraju funkcjonowały biogazownie o łącznej mocy 66 MW, a średnia moc instalacji wynosiła 2,37 MW (Trypolska i in. 2022).

Tabela 4. Porównanie wybranych cech gazu ziemnego i biogazu**Table 4.** Comparison of selected characteristics of natural gas and biogas

Zawartość (%)		Gęstość* (kg/norma m ³)	Minimalna wartość opałowa (MJ/norma m ³)	Maksymalne stężenie CO ₂ w produktach spalania (%)
CH ₄	CO ₂			
Gaz ziemny				
100	0	0,78	35,7	11,8
Biogaz				
70	30	0,32	25,1	15,9
60	40	0,15–0,30	21,5–23,0	18,2–16,0
50	50	0,10	18,0	20,8

*Cechy obliczone w normalizowanych warunkach: temperatura 0°C, ciśnienie 760 mmHg.

Źródło: opracowanie własne na podstawie Klimenko, Mazur, Sabashuk 2008.

Source: own study based on Klimenko, Mazur, Sabashuk 2008.

Znaczne perspektywy posiadają zintegrowane instalacje przeznaczone do produkcji składników biopaliw silnikowych, przetwarzające szeroką gamę surowców roślinnych i zwierzęcych, z równoległym oddawaniem nadmiaru ciepła na potrzeby lokalne (np. szklarnie). Przydatne mogą tu być np. heliosystemy w szklarniach. Dzięki nim szklarnia solarna o powierzchni 0,15 ha i kolektorach słonecznych na 40 m² w obwodzie kijowskim pozwala zaoszczędzić do 0,2 tony oleju ekwiwalentnego⁵ (toe) na sezon (Korchemny, Fedoreyko, Shcherban 2001). Przykłady podobnych instalacji, powierzchni kolektorów słonecznych i potencjalnego poziomu oszczędzania energii przedstawiono w tabeli 5.

Również wykorzystanie ciepła geotermalnego jest z punktu widzenia rolnictwa perspektywiczne, choćby w gospodarstwach mleczarskich, gdzie mleko trzeba schłodzić i podgrzewać wodę na potrzeby technologiczne. W latach 1986–1993 w Ukrainie zainstalowano ok. 300 pomp ciepła o mocy 10 kW do zaopatrywania gospodarstw w wodę. W zależności od temperatury nośnika ciepło geotermalne ma szerokie zastosowanie w rolnictwie, a wymagana temperatura może być 30–50 razy niższa niż w energetyce. Przykładowo przy temperaturze płynów w systemie w granicach 10–40°C można specjalizować się w hodowli ryb, przedział 30–60°C sprawdzi się w uprawie warzyw i owoców, a w przypadku 30–80°C ciepło jest optymalne do wykorzystania w szklarniach.

⁵ Tona oleju ekwiwalentnego – równoważnik energetyczny jednej metrycznej tony ropy naftowej o wartości opałowej równej 10 000 kcal/kg.

Tabela 5. Przykłady instalacji solarnych w hodowli zwierząt**Table 5.** Characteristics of solar installations in livestock production

Rodzaj instalacji	Miejsce instalacji	Powierzchnia kolektora słonecznego (m ²)	Oszczędzanie energii
Zaopatrzenie w ciepłą wodę	kompleks hodowlany	236	28,3 toe
Dopływ ciepła	chlew	130	produkcja 30–35 tys. kWh w okresie kwiecień–październik
Mobilna	hala udojowa na okres letni	12	5 tys. kWh na sezon
Podgrzewanie wody	gospodarstwo hodowlane	8	13,6 tys. kWh na sezon

Źródło: opracowanie własne na podstawie Korchemny, Fedoreyko, Shcherban 2001.

Source: own study based on Korchemny, Fedoreyko, Shcherban 2001.

6. Polecane sposoby adaptacji obszarów wiejskich i rolnictwa Ukrainy do zmian klimatu

Z opracowanych materiałów i analiz można wywnioskować, że najbardziej obiecującymi nowymi technologiami energetycznymi na obszarach wiejskich Ukrainy w okresie najbliższych 20 lat będą:

- jednostki biogazowe i kogeneracyjne (prąd/ciepło),
- pompy ciepła,
- słoneczne turbiny wiatrowe do autonomicznego wytwarzania energii i produkcji ciepła,
- instalacje oparte na spalaniu słomy i drewna.

Niezbędne na obszarach wiejskich Ukrainy jest również podejmowanie działań ukierunkowanych na optymalizację wykorzystania energii, są to:

- rozwiązania dla oszczędzania energii, czyli podwyższenie termoizolacji budynków i pomieszczeń, w tym ścian, dachów, okien, ulepszenie hydroizolacji piwnic;
- wprowadzenie bardziej szczegółowych i zoptymalizowanych norm budowlanych zgodnych z wymaganiami dotyczącymi izolacji termicznej, wentylacji pomieszczeń, hydroizolacji;
- aktywne wsparcie rozwoju odnawialnych źródeł energii poprzez instrumenty finansowe, organizacyjne, edukacyjne i kooperacyjne.

Przeszkodą we wprowadzaniu zaawansowanych technologii jest nie tylko niezadawalająca sytuacja finansowa wielu gospodarstw (przedsiębiorstw) rolnych w kraju, lecz także brak odpowiednich kampanii informacyjnych, które promowałyby określone technologie i stymulowały na nie popyt. Potrzebne są dalsze badania,

aby móc ocenić korzyści płynące z wykorzystania OZE w rolnictwie i obliczyć odpowiednie potencjały redukcji emisji gazów cieplarnianych i innych związanych z tym zanieczyszczeń środowiska.

Niektóre przejawy zmian klimatu mogą być korzystne dla rolnictwa, zwłaszcza dla produkcji roślinnej, a w szczególności przy uprawach pszenicy i innych zbóż (ze względu na łagodniejsze zimy, niższe ekstremalne temperatury w okresie zimowym, a nawet cieplejsze okresy letnie) (Adamenko 2019). Niemniej jednak zagrożenia związane ze zmianą klimatu dla rolnictwa są relatywnie bardzo wysokie, dlatego potrzebne są środki adaptacyjne pozwalające je ograniczyć.

Środki niezbędne do zastosowania w celu adaptacji produkcji roślinnej do zmian klimatu to (FAO 2020):

- ulepszenie systemu ubezpieczeniowego i rozwój nowych produktów ubezpieczeniowych;
- monitorowanie rozprzestrzeniania się szkodników i chorób, aktywne badania nad zwalczaniem szkodników i chorób;
- wcześniejszy siew zbóż jarych i późniejszy siew zbóż ozimych, co wiąże się z bardziej optymalnym wykorzystaniem wilgoci w glebie;
- dobór roślin wysokowydajnych o dużej odporności na suszę;
- dobór upraw odpornych na patogenne bakterie i owady;
- dobór genetycznych roślin odpornych na patogeny i ekstremalne warunki pogodowe (upały, powodzie, grad, przymrozki);
- wprowadzenie technologii nawadniania punktowego i inteligentnego rolnictwa proklimatycznego, które pozwolą na bardziej zrównoważone wykorzystanie wody i nawozów, a w efekcie poprawią jakość dostępnych zasobów wodnych;
- utworzenie banku nasion;
- przegląd aktualnych stref klimatycznych i głównych upraw, które można na nich uprawiać, a także optymalny harmonogram prac rolniczych (UNFCCC 2013);
- płodozmian w celu przywrócenia żyzności gleby po to, by ograniczyć stosowanie nawozów, pestycydów i herbicydów;
- sadzenie drzew dających cień na polach (agroleśnictwo);
- intensyfikacja programów ubezpieczeniowych i rozszerzenie listy ryzyk wprowadzanych zarówno przez instytucje bankowe, jak i producentów systemów ochrony roślin i materiału siewnego;
- środki zwalczania pustynnienia i degradacji gleby (UNFCCC 2013).

W produkcji zwierzęcej działania adaptacyjne powinny zaś obejmować (FAO 2020):

- opracowanie skutecznych programów ubezpieczeniowych w hodowli zwierząt;
- monitoring gatunków inwazyjnych i chorób zwierząt gospodarskich, intensyfikację badań nad wprowadzaniem nowych leków;

- tworzenie sztucznych pastwisk;
- prowadzenie prac naukowo-badawczych w zakresie selekcji i hodowli ras zwierząt gospodarskich o podwyższonej zdolności tolerowania wysokich temperatur;
- tworzenie strategicznych zapasów pasz na wypadek suszy;
- zapewnienie zacienienia pól siana i pastwisk;
- budowę pomieszczeń do trzymania zwierząt o podwyższonej ochronie przed przegrzaniem i kłeskami żywiołowymi.

Ogólne zalecenia dotyczące adaptacji do zmian klimatu w Ukrainie dla wszystkich sektorów są zaś następujące:

- opracowanie szczegółowych map oczekiwanych warunków klimatycznych z wykorzystaniem systemów informacji geograficznej, które pomogą zrozumieć podstawowe potrzeby adaptacji dla poszczególnych sektorów (UNFCCC 2013);
- łączenie zdjęć satelitarnych i danych klimatycznych dotyczących spodziewanych skutków lokalnych i regionalnych (np. powodzi, upałów, susz) w celu wizualnego przedstawienia obszarów wymagających dodatkowych inwestycji, a także programów ubezpieczeniowych (dla ministerstw, samorządów, potencjalnych inwestorów, którzy mogliby pracować w partnerstwie publiczno-prywatnym);
- tworzenie instrumentów finansowych (rozszerzanie programów ubezpieczeniowych, wspieranie kooperacji pionowej i poziomej różnorodnych podmiotów).

Środowisko biznesowe odgrywa niezwykle ważną rolę w procesach adaptacji i łagodzenia zmian klimatu. Główne światowe firmy sektora rolnego już korzystają z finansowych instrumentów adaptacyjnych, takich jak ubezpieczenia. Produkcja rolna jest działalnością o podwyższonym ryzyku, a zmiany klimatyczne tylko je potęgują. Przykładem działań biznesu dla łagodzenia ryzyka jest program ubezpieczeniowy „MeteoOchrona”⁶ (MeteoZakhist), który został wprowadzony na rynek krajowy przez producenta środków ochrony roślin i materiału siewnego Syngenta. W przyszłości spodziewany jest wzrost liczby podobnych programów w różnych sektorach, a państwo powinno odgrywać w tym procesie wiodącą rolę: zarówno w dziedzinie badań nad zmianami klimatycznymi oraz zagrożeniami, jak i w rozwoju kompleksowej polityki w zakresie adaptacji do zmian klimatu.

Przydatne dla podjęcia decyzji o dalszym rozwoju OZE na obszarach wiejskich może być doświadczenie Stanów Zjednoczonych Ameryki. Planowano, że samo wykorzystanie energii wiatru na obszarach wiejskich USA może stworzyć 80 000 miejsc pracy i wygenerować do 1,2 mld USD dochodu dla rolników i mieszkańców obszarów wiejskich do 2020 r. Potrójny wzrost wykorzystania energii z biomasy w USA pozwoliłby rolnikom otrzymać nawet 20 mld USD dochodu,

⁶ Jest to program dotyczący ochrony przed ryzykami związanymi z warunkami atmosferycznymi.

jak również zmniejszyć emisje gazów cieplarnianych o wielkości równorzędne usunięciu emisji z 70 mln samochodów (UCS 2008). Już obecnie bioenergetyka w USA skupia prawie połowę (48%) wszystkich miejsc pracy związanych z generacją energii odnawialnej (AVE 2021).

7. Podsumowanie

W ostatnich latach globalne zmiany klimatyczne były bardzo wyraźne, również w Polsce i Ukrainie. Przejawy tych zmian na poszczególnych kontynentach są niejednorodne, ale we wszystkich częściach świata zachodzą zarówno długofalowe zmiany, jak i nagłe, ekstremalne zjawiska pogodowe. Zwiększa się liczba dni w roku z nadmiernie wysoką temperaturą, wzrasta liczba nocy tropikalnych, spada liczba mroźnych dni, nasilają się susze. Rośnie globalny problem zaopatrzenia w wodę. W Ukrainie średnia roczna temperatura wzrasta szybciej od średniej światowej. Ukraina jest też krajem zagrożonym niedoborem wody, a problem ten będzie się pogłębiał w nadchodzących dziesięcioleciach. Wpłynie to na uprawy roślinne i hodowlę zwierząt gospodarskich, a także pogorszy warunki życia na obszarach wiejskich.

Rolnictwo jako sektor produkcyjny jest silnie uzależnione od warunków klimatycznych, ale jest też źródłem emisji gazów cieplarnianych, takich jak CO₂, CH₄ i N₂O. Emisję tych gazów w rolnictwie wywołuje przede wszystkim użytkowanie gleb, fermentacja jelitowa zwierząt gospodarskich oraz gospodarowanie obornikiem. Łącznie rolnictwo Ukrainy odpowiada za ok. 13% krajowej emisji gazów cieplarnianych. Podejmowane są działania dla ograniczenia i redukcji tych emisji, lecz na danym etapie nie są to rozwiązania systemowe i nie dotyczą znacznej części gospodarstw rolnych, których łącznie w Ukrainie jest ponad 4 mln. Niezbędne jest również podejmowanie działań w kierunku łagodzenia zmian klimatycznych w rolnictwie, aby przy bardziej niekorzystnych warunkach móc zapewnić bezpieczeństwo żywnościowe i energetyczne.

Wykorzystanie OZE na obszarach wiejskich i w rolnictwie Ukrainy jest wciąż relatywnie niewielkie. Niemniej potencjał implementacji nowoczesnych technologii w rolnictwie istnieje zarówno w sektorze zwierzęcym, jak i w produkcji roślinnej. Zastosowanie OZE w rolnictwie ma szczególne perspektywy na terenach, na których elektryfikacja i budowa linii energetycznych jest utrudniona lub nierentowna. Najbardziej obiecującymi technologiami energetycznymi w rolnictwie mogą być biogazownie i elektrociepłownie, instalacje fotowoltaiczne, pompy ciepła, turbiny wiatrowe, instalacje oparte na spalaniu słomy i drewna. Jednak głównymi przeszkodami we wprowadzaniu tych technologii wciąż są wysokie koszty inwestycyjne oraz brak aktywnego poszerzania informacji o istniejących technologiach i transferu wiedzy.

Podziękowania

Autorzy są wdzięczni Polakom i Polsce, w szczególności władzom Polskiej Akademii Nauk i jej pracownikom, którzy wyciągnęli Ukraincom pomocną dłoń w trudnej chwili. Zwycięstwo demokratycznej Ukrainy i demokratycznego świata nad totalitarną Rosją jest niezbędnym krokiem do wspólnej i bezpiecznej Europy. Dziękujemy za wsparcie i bezcenny wkład do wspólnej sprawy!

Bibliografia

- Adamenko T. (2019). Zmina klimatu ta silske gospodarstvo v Ukraini: shcho varto znaty fermeram? [Zmiany klimatyczne a rolnictwo w Ukrainie. Co powinni wiedzieć rolnicy?]. *Nimetsko-ukrainskyi ahropolitychnyi dialoh* [Niemiecko-ukraiński dialog agropolityczny].
- Afonchenkova T. (2016). Ekonomichna dotsilnist zastosuvannya kombinovanykh avtonomnykh enerhosystem u silskohospodarskomu vyrobnytstvi [Ekonomiczna zasadność stosowania autonomicznych kogeneracyjnych systemów energetycznych w produkcji rolnej]. *Naukovyi visnyk Mizhnarodnoho humanitarnoho universytetu. Serii: Ekonomika i menedzhment*, 2, 42–45.
- AVE [Hromadska orhanizatsiia «Ahentstvo z vidnovliuvanoi enerhetyky»] (2021). Spriyannia enerhetychnii bezpetsi ta stalomu rozvytku mistsevykh hromad v Ukraini [Promowanie bezpieczeństwa energetycznego i zrównoważonego rozwoju społeczności lokalnych w Ukrainie]. Non-governmental agency „Renewable Energy Agency” (REA). <https://rea.org.ua/wp-content/uploads/2021/10/handbook-promoting-energy-security.pdf> (dostęp: 17.04.2022).
- Barron-Gafford G.A., Pavao-Zuckerman M.A., Minor R.L., Sutter L., Barnett-Moreno I., Blackett D.T., Thompson M., Dimond K., Gerlak A., Nabhan G.P., Macknick J.E. (2019). Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands. *Nature Sustainability*, 2, 848–855. DOI:10.1038/s41893-019-0364-5.
- Bloomfield J., Steward F. (2022). Strategies for climate change post COP26. *The Political Quarterly*, 93 (2), 278–287. DOI:10.1111/1467-923X.13125.
- CarbonBrief (2022). The impacts of climate change at 1.5C, 2C and beyond. <https://interactive.carbonbrief.org/impacts-climate-change-one-point-five-degrees-two-degrees/#> (dostęp: 13.04.2022).
- DSSU [Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy] (2022). Kilnist silskohospodarskykh tvaryn na 01 sichnia 2022 roku [Liczba pogłowia zwierząt gospodarskich na dzień 1 stycznia 2022 roku]. <https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2022/sg/ksgt/ksgt0122.xls> (dostęp: 21.06.2022).
- EBRD [European Bank for Reconstruction and Development] (2020). Support to the government of Ukraine on updating its nationally determined contribution (NDC). Report No. 3 on Modelling. https://mepr.gov.ua/files/images/news_2020/22122020/Результати%20модельовання.pdf (dostęp: 21.06.2022).

- Ecoaction (2022). Dii Rosii stavliat pid zahrozu ukraiński ta hlobalni klimatychni zusyillia [Działania Rosji stwarzają niebezpieczeństwo dla ukraińskich i globalnych wysiłków klimatycznych]. Tsentr ekolohichnykh initsiatyv «Ekodiia» [Centrum inicjatyw ekologicznych „Ecoaction”]. <https://ecoaction.org.ua/dii-rosii-zahrozhuut-klimatu.html> (dostęp: 20.06.2022).
- EIU [Economist Intelligence Unit] (2021). Under pressure. The economic costs of water stress and mismanagement. Economist Intelligence Unit (EIU) with support from the Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC) and FONPLATA Development Bank. https://www.fonplata.org/sites/default/files/media/documents/EIU_Under%20Pressure_The%20economic%20costs%20of%20water%20stress%20and%20mismanagement.pdf (dostęp: 17.04.2022).
- EUEA [European-Ukrainian Energy Agency] (2022). <https://euea-energyagency.org/uk/novyny-ta-podiyi/novyny-ryнку/shhomisyachnyj-monitoryng-galuzi-vidnovlyuvanoi-energetyky-vde-v-ukrayini-sichen-2022> (dostęp: 27.06.2022).
- FAO [Food and Agriculture Organization] (2021). Kompleksnyi analiz systemy zmenshennia ryzyku vynykennia stykhiinykh lykh u silskomu gospodarstvi Ukrainy [Kompleksowa analiza systemu ograniczania ryzyka klęsk żywiołowych w rolnictwie Ukrainy]. <https://www.slideshare.net/ssuser5280311/ss-250734918> (dostęp: 19.04.2022).
- FAO [Food and Agriculture Organization] (2020). Priorities for prevention of the climate change and adaptation to it in the agricultural, forestry and fisheries of Ukraine before 2030. <https://www.fao.org/documents/card/ru/c/CA7466EN> (dostęp: 23.04.2022).
- Geletukha G., Zheliezna T., Matveev Yu., Kucheruk P., Kramar V. (2020). Roadmap for bioenergy development in Ukraine until 2050. Bioenergy Association of Ukraine. UABIO Position Paper No. 26. <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/11/uabio-position-paper-26-en.pdf> (dostęp: 12.04.2022).
- Jevrejeva S., Jackson L.P., Grinsted A., Lincke D., Marzeion B. (2018). Flood damage costs under the sea level rise with warming of 1.5 °C and 2 °C. *Environmental Research Letters*, 13 (7), 074014. DOI:10.1088/1748-9326/aacc76.
- Kaletnik H., Kulik M., Petrichenko V. (2007). *Osnovy perspektyvnykh tekhnologii vyrobnytstva produktsii tvarynnytstva* [Zasady perspektywicznych technologii produkcji zwierzęcej]. Winnica: Enozis.
- Klimenko V., Mazur O., Sabashuk P. (2008). General aspects of cogeneration technologies (Part 1). W: O. Mazur (red.). *Thermal Engines Cogeneration Systems: Handbook in Three Parts*. Kyiv: Institute of Applied Energy Research (EPC ALCON NAS of Ukraine).
- KMU [Kabinet Ministriv Ukrainy] (2022a). Pro zatverdzhennia Natsionalnoi ekonomichnoi stratehii na period do 2030 roku [O zatwierdzeniu Narodowej gospodarczej strategii Ukrainy do 2030 roku]. Rozporiadzhennia KMU vid 3 bereznia 2021 r. № 179. <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-nacionalnoyi-eko-a179> (dostęp: 12.04.2022).
- KMU [Kabinet Ministriv Ukrainy] (2022b). V Ukraini zavershena posivna kampaniia 2022 [Zakończyła się kampania siewna 2022 roku w Ukrainie]. <https://www.kmu.gov.ua/news/v-ukrayini-zavershena-posivna-kampaniya-2022#:~:text=3a%20operativnymi%20danimi%20strukturalnykh%20pidrozdiliv,stanovity%2013%20C4%20mln%20ra> (dostęp: 21.06.2022).

- KMU [Kabinet Ministriv Ukrainy] (2017). Plan zakhodiv shchodo vykonannya kontseptsii realizatsii derzhavnoi polityky u sferi zminy klimatu na period do 2030 roku [Plan dziań dla wykonania Koncepcji realizacji polityki państwowej w zakresie zmian klimatycznych do 2030 roku]. Rozporiadzhennia KMU vid 6 hrudnia 2017 r. № 878-p. <https://mepr.gov.ua/news/32000.html> (dostęp: 19.04.2022).
- KMU [Kabinet Ministriv Ukrainy] (2016). Kontseptsiiia realizatsii derzhavnoi polityky u sferi zminy klimatu na period do 2030 roku [W sprawie zatwierdzenia Koncepcji realizacji polityki państwowej w zakresie zmian klimatycznych do 2030 roku]. Rozporiadzhennia KMU vid 7 hrudnia 2016 r. № 932-p. <https://mepr.gov.ua/news/32001.html> (dostęp: 14.04.2022).
- KMU [Kabinet Ministriv Ukrainy] (2014). Pro Natsionalnyi plan dii z vidnovliuvanoi enerhetyky na period do 2020 roku [O Narodowym planie dziań na rzecz odnawialnej energetyki na okres do 2020 roku]. Rozporiadzhennia KMU vid 1 zhovtnia 2014 r. № 902-p. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-p#Text> (dostęp: 12.04.2022).
- Korchemny M., Fedoreyko V., Shcherban V. (2001). *Enerhozberezhennia v ahropromyslovomu kompleksi* [Energooszczędność w kompleksie rolno-przemysłowym]. Ternopil: Ternopilskiy Natsionalnyi Technichniy Universytet.
- Kucherenko I. (2000). Ekonomichna otsinka enerhooshchadnykh tekhnologii i mashyn u svynarstvi [Ekonomiczna ocena energooszczędnych technologii i maszyn w hodowli trzody chlewnej]. *Biuletyn Poltavskoho Derzhavnoho Ahrarnoho Instytutu*, 3, 80–83.
- MEPNRU [Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine] (2021a). Ukraine's greenhouse gas inventory 1990–2019. Annual National Inventory Report for Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. https://mepr.gov.ua/files/docs/klimatychna_polityka/Ukraine_NIR_2021.pdf (dostęp: 21.06.2022).
- MEPNRU [Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine] (2021b). Analitychny ohlyad onovlenoho ofitsiynoho vnesku Ukrainy do Paryzkoj uhdy [Przegląd analityczny zaktualizowanego oficjalnego wkładu Ukrainy w Porozumienie paryskie]. https://mepr.gov.ua/files/docs/klimatychna_polityka/Аналітичний%20огляд%20НВВ%20липень%202021.pdf (dostęp: 21.06.2022).
- MEPNRU [Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine] (2017). Stratehiya nyzkovuhletsevoho rozvytku Ukrainy do 2050 roku [Strategia rozwoju niskoemisijnego Ukrainy do 2050]. <https://mepr.gov.ua/news/31815.html> (dostęp: 11.05.2022).
- SAEE [State Agency on Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine] (2021). Dosiahnennia tsilei Natsionalnoho planu dii z vidnovliuvalnoi enerhetyky do 2020 roku [Osiągnięcie celów Krajowego Planu Dziań w zakresie Energii Odnawialnej do 2020 roku]. Derzhavne ahentstvo z enerhoefektyvnosti ta enerhozberezhennia Ukrainy. <https://sae.gov.ua/uk/news/4043> (dostęp: 25.06.2022).
- Schindele S., Trommsdorff M., Schlaak A., Obergfell T., Bopp G., Reise C., Braun C., Weselek A., Bauerle A., Högy P., Goetzberger A., Weber E. (2020). Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. *Applied Energy*, 265, 114737. DOI:10.1016/j.apenergy.2020.114737.

- Snizhko S., Shevchenko O., Didovets Yu. (2021). Analiz vplyvu klimatychnykh zmin na vodni resursy Ukrainy [Analiza wpływu zmian klimatycznych na zasoby wodne Ukrainy]. Tsentr ekolohichnykh initsiatyv «Ekodiia» [Centrum inicjatyw ekologicznych „Ecoaction”]. <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2021/06/analiz-vplyvu-vodni-resursy-full.pdf> (dostęp: 22.04.2022).
- Trypolska G., Kyryziuk S., Krupin V., Wąs A., Podolets R. (2022). Economic feasibility of agricultural biogas production by farms in Ukraine. *Energies*, 15 (1), 87. DOI:10.3390/en15010087.
- UCS [Union of Concerned Scientists] (2008). Renewable energy and agriculture: A natural fit. https://www.ucsusa.org/clean_energy/smart-energy-solutions/increase-renewables/renewable-energy-and.html#.Wp57DdspJPY (dostęp: 12.04.2022).
- UNFCCC [United Nations Framework Convention on Climate Change] (2021). Updated Nationally Determined Contribution of Ukraine to the Paris Agreement. https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Ukraine%20First/Ukraine%20NDC_July%2031.pdf (dostęp: 14.04.2022).
- UNFCCC [United Nations Framework Convention on Climate Change] (2016). Ukraine Deposits Instrument of Ratification of Paris Agreement. <https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/pages/Party.aspx?party=UKR> (dostęp: 30.05.2022).
- UNFCCC [United Nations Framework Convention on Climate Change] (2013). Ukraine. National Communication (NC) No. 6 of 30 December 2020. <https://unfccc.int/documents/198421> (dostęp: 13.04.2022).
- VRU [Verkhovna Rada Ukrainy] (2016). Pro ratyfikatsiiu Paryzkoi uhody [O ratyfikacji Porozumienia paryskiego]. Zakon Ukrainy vid 14.07.2016 № 1469-VIII. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1469-19#Text> (dostęp: 12.04.2022).

Renewable Energy in Rural Areas of Ukraine in The Perspective of Climate Change

Abstract: The article is devoted to examining the possibilities for the development of renewable energy sources (RES) in rural areas of Ukraine, taking into account the climate change. Rural areas, especially agriculture, have significant potential for energy generation in an environmentally friendly way, as well as with the use of their own renewable resources. Similar measures will help strengthen energy security and mitigate the negative impact of the energy and agricultural sectors on climate change by reducing greenhouse gas emissions. For this, the article considers a variety of RES technologies that can be implemented in rural areas of Ukraine, gives examples and analyses the opportunities and barriers to their development. In addition, attention was paid to the necessary measures for adapting agriculture to the ongoing climate change, as for reducing the contribution of the energy and agricultural sectors to the negative impact on the climate, as well as adapting agriculture to continue performing its functions and maintaining an appropriate level of efficiency.

Keywords: renewable energy sources (RES), rural areas, agriculture, climate change, greenhouse gas emission reduction, climate change adaptation, bioenergy, Ukraine.