

UDC 911.9:620.91

DOI [https://doi.org/10.15589/znп2024.4\(497\).33](https://doi.org/10.15589/znп2024.4(497).33)

PROSPECTS FOR IMPLEMENTING AN ONLINE APPLICATION FOR DETERMINING THE POTENTIAL OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE LVIV COMMUNITY

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ОНЛАЙН ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ЛЬВІВСЬКІЙ ГРОМАДІ

Taras S. Yamelnyets

Taras.Yamelnyets@lnu.edu.ua

ORCID: 0000-0002-7058-0931

Т. С. Ямелинець,

д.геог.н, професор

*Ivan Franko National University of Lviv, Lviv**Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів*

Abstract. The development of renewable energy is a priority goal of Ukraine in achieving climate neutrality and energy independence.

Purpose. When implementing renewable energy projects, geographical factors, including climate, must be taken into account. The better the climatic conditions, the higher the efficiency for project implementation. Given the insidious and unjustified shelling of energy infrastructure objects over the past 2 years, considerable attention has been paid to increasing distributed generation capacity. This will allow consumers to engage in electricity production using their own generating facilities, for example, their own home solar stations, etc. Therefore, it is imperative to create online applications with mapping material to determine the optimal locations for future stations. The purpose of the study is to assess the prospects for implementing an online application to determine the potential of renewable energy sources in the Lviv community.

Method. The research was conducted to study the online application ‘Wien Umweltgut’ (Vienna, Austria) and the possibility of implementing such an application for the Lviv city community. The maps presented for the Lviv city community were developed using the GIS software QGIS 3.34.3. The potential data is based on the open resources of Global Wind Atlas and Global Solar Atlas.

Results. The study identified favourable areas for the implementation of solar energy projects and unfavourable areas for the implementation of wind energy projects within the Lviv city community. It is also estimated that the implementation of such an online application for the Lviv city council will have a favourable impact on increasing the capacity of solar stations of households, condominiums, housing cooperatives, businesses, etc.

Scientific novelty. The study analyses for the first time the natural prerequisites for the development of wind and solar energy within a large city.

Practical importance. The results presented here can be used in the implementation of renewable energy projects within the Lviv city community, and in the future, they can also serve as an impetus for the creation of similar applications for other territorial communities. Also, such online applications should be supplemented with data on environmental constraints in project implementation.

Key words: renewable energy, wind speed, solar energy, renewable energy sources, Lviv.

Анотація. Розвиток відновлюваної енергетики є пріоритетною ціллю України в досягненні кліматичної нейтральності та енергонезалежності.

Мета. Під час реалізації проектів з відновлюваної енергетики необхідно враховувати географічні чинники, зокрема кліматичні. Чим кращі кліматичні умови, тим вища ефективність для реалізації проектів. Враховуючи підступні та невинуваті обстріли об'єктів енергетичної інфраструктури за останніх 2 роки чималу увагу приділяють нарощенню потужностей розподіленої генерації. Це дозволить споживачам залучатись до виробництва електроенергії використовуючи свої власні генеруючі об'єкти, для прикладу власні домашня сонячні станції тощо. Тому вкрай необхідно створення онлайн застосунків з картографічним матеріалом для визначення оптимальний місць для встановлення майбутніх станцій. Метою дослідження є оцінка перспек-

тив впровадження онлайн застосунку для визначення потенціалу відновлюваних джерел енергії в Львівській громаді.

Методика. Дослідження проводились з опрацювання онлайн застосунку «Wien Umweltgut» (місто Відень, Австрія) та можливості впровадження такого застосунку для Львівської міської громади. Представлені карти для Львівської міської громади розроблені з використанням ГІС-програмного забезпечення QGIS 3.34.3. В основі даних потенціалу використано відкриті ресурси Global Wind Atlas та Global Solar Atlas.

Результати. У результаті дослідження було визначено сприятливі території для реалізації проєктів з сонячної енергетики та несприятливі території для реалізації проєктів з вітрової енергетики у межах Львівської міської громади. Також оцінено, що реалізація такого онлайн застосунку для Львівської міської ради матиме сприятливий вплив на збільшення потужностей сонячної станцій домогосподарств, ОСББ, житлових кооперативів, бізнесу тощо.

Наукова новизна. У межах дослідження вперше проаналізовано природні передумови розвитку вітрової та сонячної енергетики в межах великого міста.

Практична значимість. Представлені результати можуть бути використані під час реалізації проєктів з відновлюваної енергетики в межах Львівської міської громади, а також в майбутньому стати поштовхом для створення схожих застосунків для інших територіальних громад. Також такі онлайн застосунки варто доповнити даними щодо екологічних обмежень у реалізації проєктів.

Ключові слова: відновлювана енергетика, швидкість вітру, сонячна енергетика, відновлювані джерела енергії, Львів.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

З кожним роком все більше уваги приділяється вивченню потенціалу відновлюваних джерел енергії, зокрема з подальшим картуванням результатів дослідження. Надзвичайно важливо вивчити потенціал відновлюваних джерел енергії у великих містах, для того, що в майбутньому реалізовувати мікропроєкти для забезпечення електроенергією житлові будинки, квартали та адміністративні будівлі. Перспективи реалізації висвітлення результатів досліджень в онлайн застосунку розглянемо на прикладі Львівської міської громади.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Значну увагу визначення потенціалу відновлюваних джерел енергії у своїх дослідженнях приділяють науковці Інституту відновлюваних джерел енергії НАН України, які розробили Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України [2]. Вивченню передумов розвитку відновлюваних джерел енергії в Карпатському регіоні присвячені дослідження науковців Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, зокрема Архипова Л., Мандрик О., Москальчук Н., Приходько М. та Побігун О. визначили перспективи екологічно безпечного використання відновлюваних джерел енергії у сталому розвитку туризму Карпатського регіону України [11]. Щодо Львівської області, то вивченню природних передумов розвитку відновлюваної енергетики присвячені публікації науковців Львівського національного університету імені Івана Франка. Зокрема, оцінюють потенціал розвитку відновлюваних джерел енергії та екологічні обмеження щодо здійснення такої діяльності [3, 4, 9]. Також колектив авторів Лопушанська М., Іванов Є. Циганок Л. розглянули у своїй науковій публікації онлайн ресурс «Wien Umweltgut», створений

мерією Відня для визначення потенціалу розвитку відновлюваної енергетики в межах міста [5]. Визначення потенціалу відновлюваних джерел енергії на прикладі територіальної громади присвячена публікація авторів Лопушанська М., Іванов Є., Башинська Ю., Лопушанський О., Циганок Л. [10].

ВІДОКРЕМЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

Оцінка потенціалу відновлюваних джерел енергії описана у багатьох працях українських та іноземних вчених, проте вона охоплює значні території (область, регіон, всю країну). Досліджень потенціалу відновлюваних джерел енергії на рівні територіальних громад практично відсутні. Враховуючи стратегічні цілі України у нарощенні потужності відновлюваних джерел енергії вкрай важливо розроблення інтерактивних карт територіальних громад з нанесеними як потенціалу відновлюваних джерел енергії, так і екологічних обмежень реалізації таких проєктів.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є оцінка перспектив впровадження онлайн застосунку для визначення потенціалу відновлюваних джерел енергії в Львівській громаді.

МЕТОДИ, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Під час здійснення дослідження були використані як загальнонаукові методи дослідження, так і картографічний метод. Представлені карти розроблені з використанням ГІС-програмного забезпечення QGIS 3.34.3. В основі даних потенціалу використано відкриті ресурси Global Wind Atlas [8] та Global Solar Atlas [7].

Об'єктом дослідження обрано Львівську міську територіальну громаду Львівського району Львівської області.

Предмет дослідження – оцінка перспектив впровадження онлайн застосунку для визначення

потенціалу відновлюваних джерел енергії в Львівській громаді.

Основний матеріал. Розвиток відновлюваних джерел енергії є важливою ціллю України у досягненні кліматичної нейтральності та енергетичної незалежності [1]. Виклики в енергосистемі зумовлені війною та не виправданими обстрілами об'єктів генерації та передачі зумовили внесення змін до традиційних підходів у розвитку енергетики. Так, для забезпечення стійкості енергосистеми все частіше обговорюються питання розподіленої генерації, тобто багато локальних об'єктів виробництва, замість одного великого, які будуть розташовані у різних місцях. Також це дозволить споживачам залучатись до виробництва електроенергії використовуючи свої власні генеруючі об'єкти, для прикладу власні домашні сонячні станції тощо. У рамках розбудови розподіленої генерації доступно чимало програм фінансування підтримки домогосподарств, ОСББ, житлових кооперативів, бізнесу [6].

Для реалізації таких проектів дуже важливо розуміти, де краще встановлювати об'єкти генерації, щоб забезпечити максимальне виробництво при мінімальних затратах на ресурси. Для цього необхідно розробити онлайн ресурси з картографічним матеріалом. Розглянемо функціонування такого ресурсу в місті Відні.

Цифрова тематична карта міста «Wien Umweltgut» створена департаментом охорони навколишнього середовища Відня (Wiener Umweltschutzabteilung) [12] надає доступ до екологічної важливої інформації у місті. Серед головних тематичних розділів, які можна розглянути на карті є: охорона природи, чисте місто та сталість, середовище існування, тварини та рослини, повітря і клімат, транспорт та енергія.

Для оцінки перспектив використання вітрової енергетики створено реєстр вітрового потенціалу, який є практичним інструментом для швидкої ідентифікації та відображення вітрового потенціалу в конкретному місці (рис. 1). Моделювання виконано за допомогою програми WAsP. Результатами є середньорічні значення питомої потужності у ватах на квадратний метр (Вт/м^2), швидкість вітру в метрах за секунду (м/с), частотний розподіл напрямків вітру за дванадцятичастинним компасом. Карти містять комплексне дослідження та оцінку потенціалу енергетичного використання вітру на 10 метрів вище середньої висоти будівлі в міському районі Відня [12].

Для первинної оцінки потенціалу вітрової енергетики в межах Львівської громади використано онлайн ресурс Global Wind Atlas [8]. Через щільність житлової забудови, орографічні особливості та наявність об'єктів природно-заповідного фонду у межах Львівської громади реалізацію промислових проектів з вітрової енергетики мегаватного класу практично неможливо. Проте у даному дослідженні представлені показники швидкості вітру на висоті 10 м та 100 м.

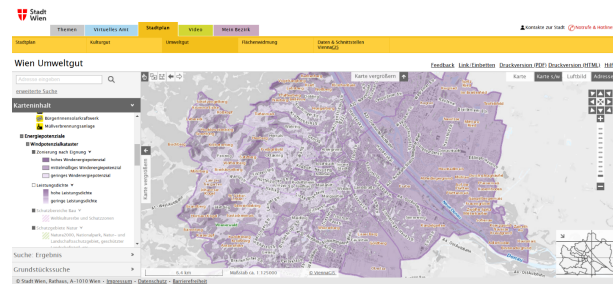


Рис. 1. Інтерфейс онлайн-застосунку «Wien Umweltgut» (Реєстр вітрового потенціалу) [12]

Найкращі передумови для розвитку вітрової енергетики у межах Львівського плато (Сихівський район міста Львова). Найменш сприятливі умови для розвитку вітрової енергетики в межах Львівської улоговини (центр міста Львова) (рис. 2а, б).

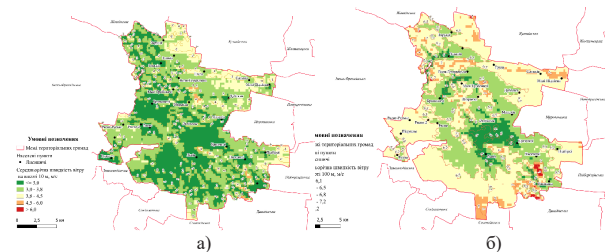


Рис. 2. Середньорічна швидкість вітру у межах Львівської міської громади: а) на висоті 10 м; б) на висоті 100 м (складено за даними Global Wind Atlas [8])

Для оцінки перспектив використання сонячної енергетики створено реєстр сонячного потенціалу (Solarpotenzialkataster) [12]. За допомогою реєстру сонячного потенціалу можна швидко визначити, чи підходить дах будівлі для потреб сонячної енергії та наскільки ефективно його можна використати.

Реєстр сонячного потенціалу надає детальну інформацію про те, наскільки дахи Відня придатні для використання для потреб сонячної енергетики. З 2022 року він може ще точніше показувати ділянки даху, які можна використовувати для фотоелектричної системи. Врахування форми даху та використання емпіричних значень дозволяє зробити оцінку очікуваної продуктивності системи максимально реалістичною. На рис. 3 зображено потенціал використання дахів в межах міста Відня, чим темніший колір, тим потенціал даху вищий.

Для первинної оцінки потенціалу сонячної енергетики в межах Львівської громади використано онлайн ресурс Global Solar Atlas [7]. Проте, для більш точного дослідження конкретних дахів, як це представлено у Відні необхідно провести додаткові заміри та картографувати їх. У дослідженні представлено особливості глобального горизонтального випромінювання у межах Львівської міської громади.

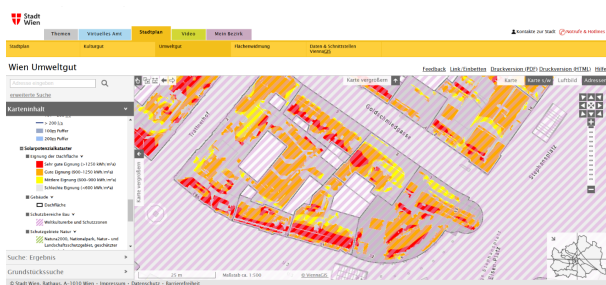


Рис. 3. Інтерфейс онлайн-застосунку «Wien Umweltgut» (Ресстр сонячного потенціалу) [12]

Найкращі передумови для розвитку сонячної енергетики у межах Львівського плато (Сихівський район міста Львова), Населених пунктів Дубляни, Ситихів, Малі Підліски, Підбірці. Найменш сприятливі умови для розвитку сонячної енергетики в межах Львівської улоговини (центр міста Львова) (рис. 4).

ОБГОВОРЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Розроблення онлайн застосунку з визначенням потенціалу розвитку відновлюваних джерел енергії в межах Львівської міської громади позитивно вплине на розвиток нових об'єктів генерації. Це сприятиме збільшенню потужностей сонячної енергетики як для потреб ОСББ, так і для комунальних закладів. Також Львів може стати першим містом в Україні з створеним інвестиційним атласом енергетичних проєктів.

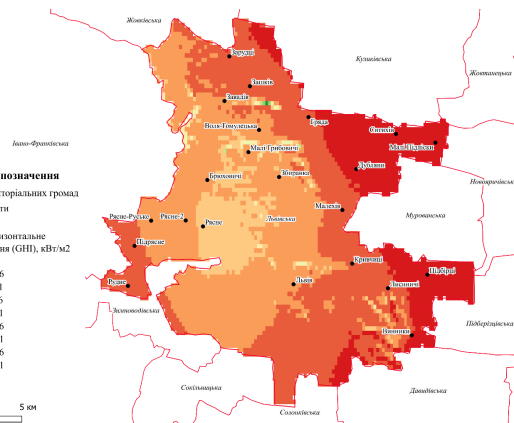


Рис. 4. Розподіл глобального горизонтального випромінювання у межах Львівської міської громади (складено за даними Global Solar Atlas [7])

ВИСНОВКИ

Таким чином, розвиток відновлюваної енергетики є надзвичайно важливою ціллю України для забезпечення кліматичної нейтральності та енергетичної незалежності. Розроблення онлайн застосунку з визначенням потенціалу розвитку відновлюваних джерел енергії є необхідною передумовою розвитку мережі об'єктів з відновлюваної енергетики у великих містах. В перспективі результати дослідження можуть бути використані для створення схожих застосунків в кожній територіальній громаді в Україні.

REFERENCES

- [1] Kabinet Ministriv Ukrainy. (2023). Pro skhvalennia Enerhetychnoi stratehii Ukrainu na period do 2050 roku: Rozporiadzhennia vid 21 kvitnia 2023 r. № 373-p [Cabinet of Ministers of Ukraine. (2023). On approval of the Energy Strategy of Ukraine for the period up to 2050: Order of 21 April 2023 No. 373-p. Retrieved November 23, 2024, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/373-2023-%D1%80#Text> [in Ukrainian].
- [2] Kudria, S.O. (red.). (2020). Atlas enerhetychnoho potentsialu vidnovliuvanuh dzherel enerhii Ukrainy [Atlas of the energy potential of renewable energy sources in Ukraine]. Kyiv: Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine [in Ukrainian].
- [3] Lopushanska, M. R., & Ivanov, Ye. A. (2022). Klimatychni chynnyky ta yikhniya rol u rozvytku sonyachnoyi energetyky u Lvivskiy oblasti [Climatic factors and their role in the development of solar energy in the Lviv region]. *Ecological sciences: scientific and practical journal*, 6(45), Kyiv: Helvetica Publishing House. 54-59 [in Ukrainian].
- [4] Lopushanska, M. R., & Ivanov, Ye. A. (2023). Hidrolohichni chynnyky ta yikhniya rol u rozvytku vidnovlyuvanoyi energetyky u Lvivskiy oblasti = Hydrological factors and their role in the renewable development in the Lviv region [Hydrological factors and their role in the development of renewable energy in the Lviv region = Hydrological factors and their role in the renewable development in the Lviv region]. *Ecological Sciences: Scientific and Practical Journal*, 4(49), 105-113. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.4-49.14> [in Ukrainian].
- [5] Lopushanska, M. R., Ivanov, Ye. A., & Tsyhanok, L. V. (2023). “Wien Umweltgut” yak instrument stymulyuvannya rozvytku vidnovlyuvanoyi energetyky u Vidni, Avstriya [“Wien Umweltgut” as a tool to stimulate the development of renewable energy in Vienna, Austria]. In Problems of modern energy and automation in the system of nature management (theory, practice, history, education): materials of the Xth International Scientific and Technical Conference (Kyiv, 19 October 2023) (pp. 27-29). Kyiv: NUBiP [in Ukrainian].
- [6] Ministerstvo enerhetyky Ukrainy. (n.d.). Rozvytok rozpodilenoyi heneratsiyi [Ministry of Energy of Ukraine. (n.d.). Development of distributed generation]. Ministry of Energy of Ukraine. Retrieved November 23, 2024, from <https://mev.gov.ua/reforma/rozvytok-rozpodilenoyi-heneratsiyi> [in Ukrainian].
- [7] Global Solar Atlas. (n.d.). Global Solar Atlas. Retrieved November 23, 2024, from <https://globalsolaratlas.info/map?c=11.523088,8.173828,3>
- [8] Global Wind Atlas. (n.d.). Global Wind Atlas. Retrieved November 23, 2024, from <https://globalwindatlas.info/en/>
- [9] Ivanov, Ye., Lopushanska, M., & Teslovych, M. (2022). Environmental restrictions of planning the construction of renewable energy facilities in the Lviv region. International Conference of Young Professionals ‘GeoTerrace-2022’ (October 3-5, 2022, Lviv, Ukraine). <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022590068>

- [10] Lopushanska, M., Ivanov, Y., Bashynska, Y., Lopushanskyi, O., & Tsyganok, L. (2024). Geoinformation modelling for the selection of wind energy project sites. *International Conference of Young Professionals ‘GeoTerrace-2024’* (October 7-9, 2024, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine), 2024, 1-5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2024510051>
- [11] Mandryk, O., Moskalchuk, N., Arkhypova, L., Prykhodko, M., & Pobigun, O. (2020). Prospects of environmentally safe use of renewable energy sources in the sustainable tourism development of the Carpathian region of Ukraine. *E3S Web of Conferences*, 166, 04005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016604005>
- [12] Stadt Wien. (n.d.). Umwelt-Gut [Graphic]. Retrieved 23 November 2024, from <https://www.wien.gv.at/umweltgut/public/grafik.aspx?bookmark=Nfc0RvLS-aEXwBQ1Gji-arRTnCzpYzRcmAG9PhyFndCuMuQa7HaP-cYbMgAOp6YgBrnLiZA-cQA-b>

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Кабінет Міністрів України. (2023). Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2050 року: Розпорядження від 21 квітня 2023 р. № 373-р. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/373-2023-%D1%80#Text>
- [2] Кудря, С. О. (ред.). (2020). *Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України*. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України.
- [3] Лопушанська, М. Р., & Іванов, С. А. (2022). Кліматичні чинники та їхня роль у розвитку сонячної енергетики у Львівській області. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*, 6(45), 54–59. Київ: Видавничий дім «Гельветика».
- [4] Лопушанська, М. Р., & Іванов, С. А. (2023). Гідрологічні чинники та їхня роль у розвитку відновлюваної енергетики у Львівській області = Hydrological factors and their role in the renewable development in the Lviv region. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*, 4(49), 105–113. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.4-49.14>
- [5] Лопушанська, М. Р., Іванов, С. А., & Циганок, Л. В. (2023). “Wien Umweltgut” як інструмент стимулювання розвитку відновлюваної енергетики у Відні, Австрія. У Проблеми сучасної енергетики і автоматики в системі природокористування (теорія, практика, історія, освіта): матеріали X-ої Міжнародної науково-технічної конференції (Київ, 19 жовтня 2023 р.) (с. 27–29). Київ: НУБіП.
- [6] Міністерство енергетики України. (n.d.). *Розвиток розподіленої генерації*. Міністерство енергетики України. Retrieved November 23, 2024, from <https://mev.gov.ua/reforma/rozvytok-rozpodilenoj-heneratsiyi>
- [7] Global Solar Atlas. (n.d.). *Global Solar Atlas*. Retrieved November 23, 2024, from <https://globalsolaratlas.info/map?c=11.523088,8.173828,3>
- [8] Global Wind Atlas. (n.d.). *Global Wind Atlas*. Retrieved November 23, 2024, from <https://globalwindatlas.info/en/>
- [9] Ivanov, Ye., Lopushanska, M., & Teslovych, M. (2022). Environmental restrictions of planning the construction of renewable energy facilities in the Lviv region. *International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2022»* (October 3–5, 2022, Lviv, Ukraine). <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022590068>
- [10] Lopushanska, M., Ivanov, Y., Bashynska, Y., Lopushanskyi, O., & Tsyganok, L. (2024). Geoinformation modelling for the selection of wind energy project sites. *International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2024»* (October 7–9, 2024, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine), 2024, 1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2024510051>
- [11] Mandryk, O., Moskalchuk, N., Arkhypova, L., Prykhodko, M., & Pobigun, O. (2020). Prospects of environmentally safe use of renewable energy sources in the sustainable tourism development of the Carpathian region of Ukraine. *E3S Web of Conferences*, 166, 04005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016604005>
- [12] Stadt Wien. (n.d.). Umwelt-Gut [Graphic]. Retrieved November 23, 2024, from <https://www.wien.gv.at/umweltgut/public/grafik.aspx?bookmark=Nfc0RvLS-aEXwBQ1Gji-arRTnCzpYzRcmAG9PhyFndCuMuQa7HaP-cYbMgAOp6YgBrnLiZA-cQA-b>

© Ямелинець Т. С.

Дата надходження статті до редакції: 25.11.2024

Дата затвердження статті до друку: 17.12.2024