Challenges and opportunities of modelling carbon dioxide sequestration potential in Ukrainian soils

V. R. Cherlinka^{*1,2}, Y. M. Dmytruk¹, V. I. Sobko³, M. V. Gunchak³,
T. I. Balan¹, L. V. Cherlinka¹

¹Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

²EOS Data Analytics inc, Menlo Park CA, USA

³Chernivtsi branch of the State Institution "Soils Protection Institute of Ukraine", Chernivtsi, Ukraine

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Received 06.11.2021 Received in revised form 26.11.2021 Accepted 10.12.2021 Available online 20.12.2021</p> <p>Keywords:</p> <p>GSOCseq; carbon dioxide sequestration; predicative algorithms; modelling</p>	<p>The article examines approaches to modelling carbon dioxide sequestration by soils at different scale levels and describes a number of problems encountered in this process. The main problems in the modelling of organic carbon reserves for the territory of Ukraine have been identified, among which: lack of high-resolution data (hard to access), including types of land use; need for harmonization of existing data; the need for predicative modelling of indicators (clay and organic carbon content) for areas where data are not available; significant amounts of machine time for actual modelling. The need for open access to archived data (technical reports) from large-scale soil surveys 1957-1990 is highlighted. Also, the need to access large-scale topographic data as in the form of scanned topographic maps M 1:10000 and vectorized isolines are substantiated. It is shown that calculations of areas based on rasters in the geographical coordinate system to ensure the same pixel size, regardless of the location within Ukraine, it is proposed to use the "Ukraine Albers conic equal area" projection based on the Datum Pulkovo 1942 for which the error in the lengths of the lines is only 0.1%. Within areas can be used as a proposed projection, as well as precise Gauss-Kruger projections (EPSG 28404-28407, 5565-5583). In this case, it is necessary to take into account the likelihood of finding individual areas in several of the listed zones. It is demonstrated that simulation allows to establish territories in which even the best practices of management do not provide neutralization of emission of organic carbon from soils. However, it is necessary to introduce a priority introduction of adaptive management of the soil resources of agro-landscapes that will contribute to carbon sequestration or minimization of its emission.</p>

*E-mail: v.cherlinka@chnu.edu.ua

Citing: Cherlinka, V.R., Dmytruk, Y.M., Sobko, V.I., Gunchak, M.V., Balan, T. I. & Cherlinka, L.V. (2021). Challenges and opportunities of modelling carbon dioxide sequestration potential in Ukrainian soils. *AgroChemistry and Soil Science*. 92, 62-70. doi:10.31073/acss92-07.

References

1. United Nations, and Canada. (1992). United Nations Framework Convention on Climate Change. [New York]: United Nations, General Assembly,
2. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. (1997). Dec. 10, 1997. 2303 U.N.T.S. 162.
3. Paris Agreement to the United Nations Framework Convention on Climate Change. (2015) Dec. 12, 2015. T.I.A.S. No. 16-1104.
4. Graham, F. (2021). COP26: Glasgow Climate Pact signed into history. *Nature*. DOI: <https://doi.org/10.1038/d41586-021-03464-9>.
5. IPCC. 2018. Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (Eds.)].
6. Boincean, B. P. & Dent, D. L. (2019). *Farming the black earth. Sustainable and Climate-Smart Management of Chernozem Soil*. Springer Nature, Cham, Switzerland AG. doi: 10.1007/978-3-030-22533-9.
7. Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677), 1623-1627. doi: 10.1126/science.1097396.
8. Vargas-Rojas, R., Cuevas-Corona, R., Yigini Y., Tong, Y., Bazza, Z. & Wiese L. (2018). International Yearbook of Soil Law and Policy. In Ginzky H., Dooley E., Heuser I.L., Kasimbazi E., Markus T., Qin T. (Eds.). *International Yearbook of Soil Law and Policy*. Cham, Springer International Publishing. pp. 373–395. doi: 10.1007/978-3-030-00758-4_18.
9. FAO. (2017). Unlocking the potential of soil organic carbon. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
10. FAO. (2020). A protocol for measurement, monitoring, reporting and verification of soil organic carbon in agricultural landscapes – GSOC-MRV Protocol. Rome. doi: 10.4060/cb0509en.
11. FAO. (2021). Global Soil Organic Carbon Sequestration Potential Map (GSOCseq). URL: <https://www.fao.org/global-soil-partnership/gsocseq-map/en>.
12. FAO. (2020). Technical specifications and country guidelines for Global Soil Organic Carbon Sequestration Potential Map (GSOCseq). Rome, Italy. URL: <https://www.fao.org/documents/card/ru/cb0353en>.
13. Jenkinson, D. S. & Rayner, J. H. (1977). The turnover of soil organic matter in some of the Rothamsted classical experiments. *Soil science*, 123(5), 298-305. doi: 10.1097/00010694-197705000-00005.
14. Jenkinson, D. S. (1990). The turnover of organic carbon and nitrogen in soil. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 329, 361-368. doi: 10.1098/rstb.1990.0177.
15. Sierra, C. A., Müller, M. & Trumbore, S. E. (2012). Models of soil organic matter decomposition: the SoilR package, version 1.0. *Geoscientific Model Development*, 5.4, 1045-1060. doi: 10.5194/gmd-5-1045-2012.
16. Coleman, K. & Jenkinson, D. S. (1996). RothC-26.3-A Model for the turnover of carbon in soil. In: Powlson D.S., Smith P., Smith J.U. (Eds.). *Evaluation of Soil Organic Matter Models*. NATO ASI Series (Series I: Global Environmental Change). Vol. 38. Springer, Berlin, Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-642-61094-3_17.
17. Falloon, P. & Smith, P. (2009). Modeling Soil Carbon Dynamics. In: Kutsch W. L., Bahn M., Heinemeyer A. (Eds.). *Soil carbon dynamics: an integrated methodology*. Cambridge University Press. doi: 10.1017/CBO9780511711794.

18. Mitášová, H. & Mitáš, L. (1993). Interpolation by regularized spline with tension: I. Theory and implementation. *Mathematical Geology*, 25(6), 641-655.
19. GRASS Development Team. Geographic Resources Analysis Support System (GRASS GIS) Software. (2021). Version 7.8.6. Open Source Geospatial Foundation, 2021. URL: <http://grass.osgeo.org> (online; accessed: 1.09.2021).
20. R Development Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*. URL: <http://www.r-project.org>.
21. Breiman, L., (2001). Random forests. *Machine learning*, 45(1), 5-32. doi: 10.1023/A:1010933404324.
22. NASA JPL. (2013). NASA Shuttle Radar Topography Mission Global 1 arc second. Distributed by NASA EOSDIS Land Processes DAAC. doi: 10.5067/MEaSUREs/SRTM/SRTMGL1.003. Accessed 2021-06-01.
23. Dmytruk, Y., Cherlinka, V. & Demyd, I. (2019). Predicative soil cartographic materials as an element of modern large-scale surveys. *Visnyk of Lviv National Agrarian University: Agronomy*, 23, 202-206. doi: 10.31734/agronomy2019.01.202. [in Ukrainian]
24. Iatsuk, I., Dmytruk, Y., Cherlinka, V. & Dent, D. (2021). Status and Problems of Normative Monetary Valuation of Land in Ukraine. In: Dmytruk, Y. & Dent, D. (Eds.). *Soils Under Stress: More Work for Soil Science in Ukraine*. Cham: Springer International Publishing. pp. 17-26. doi: 10.1007/978-3-030-68394-8_2.
25. Hofierka, J., Parajka, J., Mitasova, H. & Mitas, L. (2002). Multivariate interpolation of precipitation using regularized spline with tension. *Transactions in GIS*, 6(2), 135-150. doi: 10.1111/1467-9671.00101.
26. Cherlinka, V. R. (2019). Digital elevation models in soil science: theoretical and methodological bases and practical application: Extended Abstract of Dr. Biol. Sciences: 03.00.18. Dissertation, Chernivtsi, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, 538 p. URL: https://drive.google.com/open?id=1TZubbaD3fNik7FQUkSyZOdK_dPpozqN [in Ukrainian].
27. Cherlinka, V. R. (2017). Influence of resolution of digital relief models on the quality of predicative simulation of soil cover. *Soil Science*. 18(1-2), 79-95. [in Ukrainian].
28. Cherlinka, V. R. & Dmytruk, Y. M. (2018). Solving existing problems with soil maps in Ukraine. *Biological systems*, 10(1), 298-308. URL: <http://biosystems-journal.chnu.edu.ua/index.php?journal=BioSystems&page=article&op=view&path%5B%5D=https%3A%2F%2Fdoi.org%2F10.31861%2Fbiosystems2018.01.094>.
29. Cherlinka, V. (2017). Using Geostatistics, DEM and remote sensing to clarify soil cover maps of Ukraine. In: Dent, D., Dmytruk, Y. (Eds.), *Soil Science Working for a Living: Applications of soil science to present-day problems*. Springer-Verlag GmbH, Cham, Switzerland, Ch. 7, pp. 89-100. doi: 10.1007/978-3-319-45417-7_7.
30. Cherlinka, V. R. (2017). Variations of predictive efficiency of soil maps depending on the methods of constructing educational samples of predicative algorithms. *Ecology and noospherology*, 28(3-4), 55-71. URL: <http://erae.dp.ua/index.php/erae/article/view/20>. [in Ukrainian].
31. Shein, E. V. (2009). Granulometric composition of soils: problems of investigation methods, interpretation of results and classifications. *Pochvovedenie*, 3, 309-317. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11722362>. [in Russian].
32. Viatkin, K., Zalavskiy, Y., Bihun, O., Lebed, V., Sherstiuk, O., Plisko, I. & Nakisko, S. (2018). Creation of the Ukrainian national soil organic carbon stocks map using digital soil mapping methods. *Pochvovedenie i agrokhimiya*, 2, 5-17. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sozdanie-natsionalnoy-karty-zaprasov-organicheskogo-ugleroda-v-pochvah-ukrainy-s-ispolzovaniem-tsifrovyyh-metodov-pochvennogo>. [in Russian].
33. Laktionova, T. M., Medvedev, V. V., Savchenko, K. V., Bigun, O. M., Nakisko, S. G. & Sheiko S. M. (2012). Soil properties of Ukraine database (structure & operating procedure). 2nd edition. Kharkiv: Apostrof. 150 p. URL: <http://www.issar.com.ua/uk/vydannya/baza-dannyh-svoystva-pochvy-ukrainy-struktura-y-poryadok-yspolzovannya> [in Russian].
34. Smith, J. O., Smith, P., Wattenbach, M., Gottschalk, P. I. A., Romanenkov V. A., Shevtsova, L. K., ... Lisovoi, N. V. (2007). Projected changes in the organic carbon stocks of cropland mineral soils of European Russia and the Ukraine, 1990–2070. *Global Change Biology*, 13(2), 342-356. doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01297.x.
35. FAO. (2021). The EX-Ante Carbon-balance Tool (EX-ACT). Economic and Policy Analysis of Climate Change. URL: <https://www.fao.org/in-action/epic/ex-act-tool/suite-of-tools/ex-act/en>.

УДК 631.4:551.4:004.942

Проблеми та можливості моделювання потенціалу секвестрації діоксиду карбону ґрунтами України

В. Р. Черлінка^{1,2}, Ю. М. Дмитрук¹, В. І. Собко³, М. В. Гунчак³, Т. І. Балан¹, Л. В. Черлінка¹

¹Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, Чернівці, Україна

²EOS Data Analytics inc, Menlo Park CA, USA

³Чернівецька філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», Чернівці, Україна

ІНФОРМАЦІЯ	АНОТАЦІЯ
Отримано 06.11.2021 Отримано після доопрацювання 26.11.2021 Затверджено до публікації 10.12.2021 Доступно онлайн 20.12.2021	У статті розглянуто підходи до моделювання секвестрації діоксиду вуглецю ґрунтами України на різних масштабних рівнях та охарактеризовано ряд проблем, які виникають в ході цього процесу. Визначено основні проблеми в моделюванні запасів органічного вуглецю для території України, серед яких: відсутність (важкодоступність) даних високої роздільної здатності, у тому числі, про типи землекористування; необхідність гармонізації наявних даних; потреба в предикативному моделюванні показників (гранулометричний склад, вміст органічного вуглецю) для ареалів, де необхідні дані відсутні; істотні об'єми машинного часу для власне моделювання. Вказано на потребу відкритого доступу до архівних даних — ґрунтових нарисів, результатів великомасштабних ґрунтових обстежень 1957-1990 рр. та у доступі до великомасштабних топографічних даних, як у вигляді сканованих топографічних карт М 1:10000, так і векторизованих горизонталей. Для забезпечення однакового розміру пікселя, незалежно від місцезорозташування в межах України, запропоновано використання проєкції Ukraine Albers Conic Equal Area на основі датума Pulkovo 1942, за якого похибка у довжинах ліній становить всього 0,1 % і показано, що в межах адміністративних областей можна використовувати як пропоновану проєкцію, так і більш точніші проєкції Гаусса-Крюгера із відповідними застереженнями. Продемонстровано, що моделювання дозволяє встановити території, в яких навіть найкращі практики господарювання не забезпечують нейтралізацію емісії органічного вуглецю з ґрунтів. Саме в таких ареалах є необхідним першочергове запровадження
Ключові слова: GSOCseq; секвестрація діоксиду карбону; предикативні алгоритми; моделювання	

Форма цитування: Cherlinka V.R., Dmytruk Y.M., Sobko V.I., Gunchak M.V., Balan T.I. & Cherlinka L.V. (2021). Challenges and opportunities of modelling carbon dioxide sequestration potential in Ukrainian soils. *AgroChemistry and Soil Science*, 92, 62-70. doi:10.31073/acss92-07

УДК 631.4:551.4:004.942

Проблемы и возможности моделирования потенциала секвестрации диоксида карбона почвами Украины

В.Р. Черлинка^{*1,2}, Ю.М. Дмитрук¹, В.И. Собко³, М.В.Гунчак³, Т. И. Балан¹, Л. В. Черлинка¹

¹Черновицкий национальный университет им. Ю. Федьковича, Черновцы, Украина

²EOS Data Analytics Inc, Menlo Park CA, USA

³Черновицкий филиал ГУ «Институт охраны почв Украины», Черновцы, Украина

*E-mail: v.cherlinka@chnu.edu.ua

В статье рассмотрены подходы к моделированию секвестрации диоксида углерода почвами Украины на разных масштабных уровнях и охарактеризованы ряд проблем, возникающих в ходе этого процесса. Определены основные проблемы в моделировании запасов органического углерода для территории Украины, среди которых: отсутствие (труднодоступность) данных высокого разрешения, в том числе, о типах землепользования; необходимость гармонизации имеющихся данных; потребность в предикативном моделировании показателей (гранулометрический состав, содержание органического углерода) для ареалов, где необходимые данные отсутствуют; существенные объемы машинного времени для собственно моделирования. Указано на необходимость открытого доступа к архивным данным (почвенным очеркам) результатов крупномасштабных почвенных обследований 1957–1990 гг. Для обеспечения одинакового размера пикселя, независимо от местоположения в пределах Украины, предложено использование проекции Ukraine Albers Conic Equal Area на основе датума Pulkovo 1942, при котором погрешность в длинах линий составляет всего 0,1 % и показано, что в пределах административных областей можно использовать как предлагаемую проекцию, так и более точные проекции Гаусса-Крюгера с соответствующими предосторожностями. Продемонстрировано, что моделирование позволяет установить территории, где даже лучшие практики хозяйствования не обеспечивают нейтрализацию эмиссии органического углерода из почв. В таких ареалах необходимо первоочередное введение адаптивного управления почвенными ресурсами агроландшафтов, которое будет способствовать секвестрации углерода или минимизации его эмиссии.

Ключевые слова: GSOCseq; секвестрация диоксида карбона; предикативные алгоритмы; моделирование.

Форма цитирования: Cherlinka V.R., Dmytruk Y.M., Sobko V.I., Gunchak M.V., Balan T.I. & Cherlinka L.V. (2021). Challenges and opportunities of modelling carbon dioxide sequestration potential in Ukrainian soils. *AgroChemistry and Soil Science*, 92, 62-70. doi:10.31073/acss92-07