Спосіб педотрансферного моделювання вологозабезпеченості ґрунту на схилових землях

В.О. Белоліпський*, Т.М. Лактіонова, М.М. Полулях

Національний науковий центр "Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського",
Харків, Україна

ІНФОРМАЦІЯ	АНОТАЦІЯ
Отримано 27.07.2021 Отримано після доопрацювання 25.11.2021 Затверджено до видання 10.12.2021 Доступно онлайн 20.12.2021	Метою статті є оприлюднення способу розробки педотрансферних моделей для прогнозування вологозабезпеченості ґрунту у межах агроландшафту на схилових, еродованих землях (в Луганській області) на різних етапах вегетаційного періоду сільськогосподарських культур. Моделі побудовано на визначення коефіцієнта дефіциту води в ґрунті або коефіцієнта зволоженості (для квітня) — предиктанти. Як предиктори у педотрансферних моделях використано такі фактори: кількість опадів за вегетацію; коефіцієнт зволоженості ґрунту в квітні; ГТК; коефіцієнт нормованих атмосферних опадів за холодний період; вміст гумусу в шарі 0–20 см; коефіцієнт змитості ґрунту; щільність будови ґрунту у шарі 0–20 см; висота на профілі; коефіцієнт захисної дії лісосмуг; коефіцієнт агрофону. Вихідною інформацією є систематизований набір даних, з гідрологічної характеристики агроландшафтів та властивостей ґрунтів, частково опублікованих авторами раніше в методичних рекомендаціях. Спосіб педотрансферного моделювання вологозабезпеченості ґрунтів на схилових землях включає послідовний математико-статистичний аналіз (з використанням ПС-технологій) за такими тематичними етапами: (i) вибір факторів, що впливають на вологозабезпеченість ґрунту, як предикторів педотрансферних моделей; (ii) кластерний аналіз ефективності факторів вологозабезпеченості ґрунту на водозборах агроландшафту; (iii) розробка педотрансферних моделей вологозабезпеченості ґрунту за фрагментами вегетаційного періоду культур шляхом побудови регресійних рівнянь та оцінювання адекватності моделей за статистичними критеріями. Моделі розроблено з урахуванням фаз (періодів) органогенезу сільськогосподарських культур та послідовності агротехнічних заходів у ґрунтозахисній системі землеробства. Виявлено, що найбільш впливовим, серед досліджуваних факторів, щодо прогнозування вологонасиченості ґрунту у будь-який період є фактор агрофону, частка впливу якого становить від 46 до 89 %. Натомість, частка впливу природного фактору зволоження — ГТК обмежується діапазоном 10–17 %. Показано, що за результатами прогнозування дефіциту води в ґрунті територію агроландшафту можна умовно розділити на робочі ділянки для розробки диференційованої системи практичних агротехнічних заходів для корегування забезпеченості рослин продуктивною вологою.
Ключові слова: агроландшафт; вологозабезпеченість; ґрунт; коефіцієнт дефіциту води; педотрансферна модель; фізичні властивості	
* E-mail: belolipskiy-42@ukr.net	

Форма цитування: Белоліпський В.О., Лактіонова Т.М., Полулях М.М. Спосіб педотрансферного моделювання вологозабезпеченості ґрунту на схилових землях. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. 2021. Вип. 92. Харків: ННЦ "ІГІА ім. О.Н. Соколовського". С. 4-16. <https://doi.org/10.31073/acss92-01>

Список цитованих джерел

- McBratney A.B., Minasny B., Cattle S.R. Vervoort R.W. From pedotransfer functions to soil inference systems. *Geoderma*. 2002. 109. P. 41–73.
- Шейн Е.В., Архангельская Т.А. Педотрансферные функции: состояние, проблемы, перспективы. *Почвоведение*, 2006, № 10. С. 1205–1217.
- Bouma J. Using soil survey data for quantitative land evaluation. *Advances in Soil Science*. 1989. № 9. P. 177–213.
- Abdelbaki A.M. Assessing the best performing pedotransfer functions for predicting the soil-water characteristic curve according to soil texture classes and matric potentials. *Eur J Soil Sci*. 2021. 72:154–173. <https://doi.org/10.1111/ejss.12959>.
- Mohajerani H., Teschemacher S., Casper M.C. A Comparative investigation of various pedotransfer functions and their impact on hydrological simulations. *Water*. 2021, 13, 1401. <https://doi.org/10.3390/w13101401>.
- Espino A., Mallants D., Vanclooster M., Feyen J. Cautionary notes on the use of pedotransfer functions for estimating soil hydraulic properties. *Agricultural Water Management*. 1995. 29(3). 235–253. [https://doi.org/10.1016/0378-3774\(95\)01210-9](https://doi.org/10.1016/0378-3774(95)01210-9).
- Gebauer A., Ellinger M., Gomez V.M.B., Leib M. Development of pedotransfer functions for water retention in tropical mountain soil landscapes: spotlight on parameter tuning in machine learning. *Soil*. 2020, 6. 215–229. <https://doi.org/10.5194/soil-6-215-2020>.
- Patil N.G., Singh S.K. Pedotransfer functions for estimating soil hydraulic properties: a review. *Pedosphere*. 2016. 26. 417–430. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(15\)60054-6](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(15)60054-6).
- Botula Y.D., Cornelis W.M., Baert G., Van Ranst E. Evaluation of pedotransfer functions for predicting water retention of soils in Lower Congo (D. R. Congo). *Agr. Water Manag.* 2012. 111, 1–10, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.04.006>.
- Moreira L.F.F., Righetto A.M., Medeiros V.M.D.A. Soil hydraulic properties estimation by using pedotransfer functions in a northeastern semiarid zone catchment, Brazil. In: International congress on environmental modelling and software, Osnabrück. 2004. 1529 p.
- Morris P.J., Baird A.J., Eades P.A., Surridge B.W.J. Controls on near-surface hydraulic conductivity in a raised bog. *Water Resour. Res.* 2019. 1531–1543. <https://doi.org/10.1029/2018WR024566>.
- Research on soil moisture prediction model based on deep learning / Y. Cai, W. Zheng, X. Zhang, [et al.]. *PLoS ONE*. 2019. 14(4): e0214508. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214508>.
- Медведев В.В., Лактіонова Т.Н., Донцова Л.В. Водные свойства почв Украины и влагообеспеченность сельскохозяйственных культур. Харьков: Апостроф. 2011. 224 с.
- Laktionova T.M., Nakisko S.G. Particle size distribution as a basic characteristic for pedotransfer prediction of permanent wilting point. *Agricultural Science and Practice*. 2014. N 1. P. 13–19. <https://doi.org/10.15407/agrisp1.01.013>.
- Медведев В.В., Плиско І.В., Бігун О.М. Досвід педотрасферного моделювання в дослідженнях фізики ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 1. С. 17–24.
- База даних «Свойства почв Украины» (структура и порядок использования) / Т.Н. Лактіонова, В.В. Медведев, К.В. Савченко [и др.]. Харьков, 2012. 150 с.
- Медведев В.В., Плиско І.В. Бонитировка и качественная оценка пахотных земель Украины. Харьков, 2006. 385 с.
- Черенков А.В. Урожайность. Когда засуха уже не случайность. *Зерно: всеукраинский журнал современного агропромышленника*. 2011. N 11. С. 38–45.

19. Соколов И.Д., Долгих Е.Д., Соколова Е.И. Изменение климата востока Украины и его прогнозирование. Оптимистическое руководство. Луганск: ИПЦ "Элтон-2", 2010. 133 с.
20. Селянинов Г.Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата. Мировой агроклиматический справочник. Москва: Гидрометеиздат, 1937. С. 5–7.
21. Белоліпський В.А., Булыгин С.Ю. Еколого-гідрологічний аналіз ґрунтово-охоронних агроландшафтів України. *Почвоведение*. 2009. №6. С. 733–743.
22. Белоліпський В.О., Полулях М.М. Система охорони від водної ерозії ґрунтів схилених територій степових агроландшафтів (науково-методичний посібник). За ред. В.О. Белоліпського. І.Т.М. Лактіонової. Харків, 2016. 169 с.
23. Белоліпський В.О., Полулях М.М. Оцінка функціонування агроландшафту за показниками вологозабезпеченості та параметри його оптимізації (методичні рекомендації). За ред. В.О. Белоліпського. Харків, 2015. 74 с.
24. Белоліпський В.А., Шелякин Н.М. Методические указания по определению потенциального стока с элементарных водосборов и проектирование почвоводоохранных мероприятий при контурно-мелиоративном земледелии. Луганск, 1990. 36 с.
25. Белоліпський В.А., Шелякин Н.М., Колесников Ю.И. Основные принципы системы почвоводоохранных мероприятий. *Земледелие*. 1990. №9. С. 22–25.

UDC 631.421:57.087

Method of pedotransfer modeling of soil moisture supply on sloping lands

V. O. Belolipsky*, T. M. Laktionova, M. M. Polulyakh

National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Received 27.07.2021 Received in revised form 25.11.2021 Accepted Available online 2021</p> <hr/> <p>Keywords:</p> <p>agrolandscape; moisture supply; soil; moisture deficit coefficient; pedotransfer model; physical properties</p>	<p>The purpose of the article is to describe a method for developing pedotransfer models for predicting soil moisture supply within an agricultural landscape on sloping, eroded lands (in Luhansk region) during different stages of the growing season of agricultural crops. The models are based on calculating the coefficient of moisture deficit in the soil or the coefficient of moisture content (for April) — predictors. The following factors were used as predictors in pedotransfer models: the amount of precipitation during the growing season; soil moisture coefficient in April; Hydrothermal coefficient; coefficient of normalized atmospheric precipitation for the cold period; humus content in the layer 0-20 cm; soil washout coefficient; the bulk density of the soil in the layer 0-20 cm; height on the profile; coefficient of protective action of forest belts; coefficient of agrobacground. The initial information is a systematized set of data — hydrological characteristics of agricultural landscapes and soil properties, partially published by the authors earlier in the guidelines. The method of pedotransfer modeling of soil moisture supply on slope lands includes sequential mathematical and statistical analysis (using GIS technologies) according to the following thematic stages: (i) selection of factors affecting soil moisture supply as predictors of pedotransfer models; (ii) cluster analysis of the efficiency of soil moisture supply factors in the catchments of the agricultural landscape; (iii) development of pedotransfer models of soil moisture supply based on fragments of the growing season of crops by constructing regression equations and assessing the adequacy of the models by statistical criteria. The models are developed taking into account the phases (periods) of organogenesis of crops and the sequence of agrotechnical measures in the soil protection system of agriculture. It was found that among the studied factors, the most influential factor in predicting the soil moisture supply in any period is the agrophone factor, the share of which in different models ranges from 46 to 89 %. At the same time, the share of the influence of the natural factor of humidification — the Hydrothermal coefficient, is limited to the range of 10–17 %. It is shown that according to the results of predicting the moisture deficit in the soil, the territory of the agricultural landscape can be conditionally divided into working areas for the development of a differentiated system of practical agrotechnical measures to correct the supply of plants with productive moisture.</p>

E-mail: *belolipskiy-42@ukr.net

Citing: Belolipsky, V. O., Laktionova, T. M., & Polulyakh, M. M. (2021). Method of pedotransfer modeling of soil moisture supply on sloping lands. *AgroChemistry and Soil Science*. 92, 4-16. doi:10.31073/acss92-01 [in Ukrainian].

References

1. McBratney, A. B., Minasny, B., & Cattle, S. R. Vervoort R.W. From pedotransfer functions to soil inference systems// *Geoderma*. 2002, 109. P. 41-73.
2. Shein, E. V., & Arkhangelskaya, T. A. (2006). Pedotransfer functions: state, problems, prospects. *Pochvovedenie*, 10, 1205-1217.
3. Bouma, J. (1989). Using soil survey data for quantitative land evaluation. *Advances in Soil Science*, 9, 177-213.
4. Abdelbaki, A. M. (2021). Assessing the best performing pedotransfer functions for predicting the soil-water characteristic curve according to soil texture classes and matric potentials. *Eur. J. Soil Sci.*, 72, 154-173. doi:10.1111/ejss.12959.
5. Mohajerani, H., Teschemacher, S., & Casper, M. C. (2021). A Comparative investigation of various pedotransfer functions and their impact on hydrological simulations. *Water*, 13, 1401. doi:10.3390/w13101401.
6. Espino, A., Mallants, D., Vanclooster, M., & Feyen, J. (1995). Cautionary notes on the use of pedotransfer functions for estimating soil hydraulic properties. *Agricultural Water Management*, 29(3), 235-253. doi:10.1016/0378-3774(95)01210-9.
7. Gebauer, A., Ellinger, M., Gomez, V.M.B., & Leib, M. (2020). Development of pedotransfer functions for water retention in tropical mountain soil landscapes: spotlight on parameter tuning in machine learning. *Soil*, 6, 215-229. doi:10.5194/soil-6-215-2020.
8. Patil, N. G. & Singh, S. K. (2016). Pedotransfer functions for estimating soil hydraulic properties: a review. *Pedosphere*, 26, 417-430. doi:10.1016/S1002-0160(15)60054-6.
9. Botula, Y. D., Cornelis, W. M., Baert, G., & Van Ranst, E. (2012). Evaluation of pedotransfer functions for predicting water retention of soils in Lower Congo (D. R. Congo). *Agr. Water Manag.*, 111, 1-10. doi:10.1016/j.agwat.2012.04.006.
10. Moreira, L. F. F., Righetto, A. M., & Medeiros, V. M. D. A. (2004). Soil hydraulics properties estimation by using pedotransfer functions in a Northeastern Semiarid Zone Catchment, Brazil. in: International congress on environmental modelling and software. Osnabrück, 1529.
11. Morris, P. J., Baird, A. J., Eades, P. A., & Surridge, B. W. J. (2019). Controls on near-surface hydraulic conductivity in a raised bog, water resour. *Res.*, 1531-1543. doi:10.1029/2018WR024566.
12. Cai, Y., Zheng, W., Zhang, X., Zhangzhong, L., & Xue, X. (2019). Research on soil moisture prediction model based on deep learning. *PLoS ONE*, 14(4), e0214508. doi:10.1371/journal.pone.0214508.
13. Medvedev, V. V., Laktionova, T. M. & Dontsova, L. V. (2011). *Water properties of soils of Ukraine and moisture supply of agricultural crops*. Kharkiv. [in Russian].
14. Laktionova, T. M., & Nakisko, S. G. (2014). Particle size distribution as a basic characteristic for pedotransfer prediction of permanent wilting point. *Agricultural Science and Practice*, 1(1), 13-19. doi:10.15407/agrisp.1.01.013.
15. Medvedev, V. V., Plisko, I. V., & Bigun, O. M. (2015). Dosvid of pedotransfer model in the preliminaries of physics. *Bulletin of Agrarian Science*,

1, 17-24. [in Ukrainian].

16. Laktionova, T. M., Medvedev, V. V., Savchenko, K. V., Bigun, O. M., Nakisko, S. G., & Sheiko, S. M. (2012). *Soil properties database (structure & operating procedure)*. 2nd edition. Kharkiv. [in Russian].

17. Medvedev, V. V., & Plisko, I. V. (2006). *Valuation and quality assessment of arable land in Ukraine*. Kharkiv. [in Russian].

18. Cherenkov, A. V. (2011). Productivity. When drought is no longer an accident. *Grain*, 11, 38-45. [in Russian].

19. Sokolov, I. D., Dolgikh, E. D. & Sokolova, E. I. (2010). *Climate change in the east of Ukraine and its forecasting. Optimistic leadership*. Lugansk. [in Russian].

20. Selyaninov, G. T. (1937). Methodology for agricultural characterization of climate. *World Agroclimatic Directory*. (pp. 5-7). Moscow, Gidrometeoizdat. [in Russian].

21. Belolipsky, V. A. & Bulygin, S. Yu. (2009). Ecological and hydrological analysis of soil protection agricultural landscapes of Ukraine. *Pochvovedenie*, 6, 733-743. [in Russian].

22. Belolipsky, V. O. & Polulyakh, M. M. (2016). *System of protection against water erosion of soils of sloping territories of steppe agrolandscapes (scientific and methodical manual)*. Editors: V. Belolipsky. & T. Laktionova. Kharkiv. [in Ukrainian].

23. Belolipskiy, V. O. & Polulyakh, M. M. (2015). *Assessment of agricultural landscape function according to indicators of water safety and parameters of its optimization (methodical recommendations)*. Ed. V. Belolipsky. Kharkiv. [in Ukrainian].

24. Belolipsky, V. A. & Shelyakin, N. M. (1990). *Methodological guidelines for determining the potential runoff from elementary catchments and the design of soil-water conservation measures in contour-reclamation agriculture*. Lugansk. [in Russian].

25. Belolipsky, V. A., Shelyakin, N. M. & Kolesnikov, Yu. I. (1990). Basic principles of the system of soil protection measures. *Zemledelie*, 9, 22-25. [in Russian].

УДК 631.421:57.087

Способ педотрансферного моделирования влагообеспеченности почвы на склоновых землях

В. А. Белолипский*, Т. Н. Лактионова, Н. Н. Полулях

Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н.Соколовского», Харьков, Украина

*E-mail: belolipskiy-42@ukr.net

Целью статьи является описание способа разработки педотрансферных моделей для прогнозирования влагообеспеченности почвы в пределах агроландшафта на склоновых, эродированных землях (в Луганской области) в разные этапы вегетационного периода сельскохозяйственных культур. Модели построены на определении коэффициента дефицита влаги в почве или коэффициента увлажненности (для апреля) — предиктанта. В качестве предикторов в педотрансферных моделях использованы следующие факторы: количество осадков за вегетацию; коэффициент увлажненности почвы в апреле; ГТК; коэффициент нормированных атмосферных осадков за холодный период; содержание гумуса в слое 0-20 см; коэффициент смывости почвы; плотность сложения почвы в слое 0-20 см; высота на профиле; коэффициент защитного действия лесополос; коэффициент агрофона. Исходной информацией является систематизированный набор данных — гидрологических характеристик агроландшафтов и свойств почв, частично опубликованных авторами ранее в методических рекомендациях. Способ педотрансферного моделирования влагообеспеченности почв на склоновых землях включает последовательный математико-статистический анализ (с использованием ГИС-технологий) по следующим тематическим этапам: (i) выбор факторов, влияющих на влагообеспеченность почвы, как предикторов педотрансферных моделей; (ii) кластерный анализ эффективности факторов влагообеспеченности почвы на водосборах агроландшафта; (iii) разработка педотрансферных моделей влагообеспеченности почвы по фрагментам вегетационного периода культур путем построения регрессионных уравнений и оценки адекватности моделей по статистическим критериям. Модели разработаны с учетом фаз (периодов) органогенеза сельскохозяйственных культур и последовательности агротехнических мероприятий в почвозащитной системе земледелия. Установлено, что среди изучаемых факторов наиболее влиятельным, по прогнозированию влагообеспеченности почвы в любой период, является фактор агрофона, доля участия которого в разных моделях составляет от 46 до 89 %. В то же время доля влияния природного фактора увлажнения — ГТК ограничивается диапазоном 10–17 %. Показано, что по результатам прогнозирования дефицита влаги в почве территорию агроландшафта можно условно разделить на рабочие участки для разработки дифференцированной системы практических агротехнических мероприятий для корректировки обеспеченности растений продуктивной влагой.

Ключевые слова: агроландшафт; влагообеспеченность; почва; коэффициент дефицита влаги; педотрансферная модель; физические свойства.

Форма цитирования: Белолипский В.А., Лактионова Т.Н., Полулях Н.Н. Способ педотрансферного моделирования влагообеспеченности почвы на склоновых землях. *Агрохимия и почвоведение*. Межвед. тем. научн. сборник. 2021. Вып. 92. Харьков: ННЦ «ИПА им. О.Н. Соколовского». С. 4-16. <https://doi.org/10.31073/acss92-01>