УДК 504.53.052

DOI

**Математическое моделирование
факторов эрозии почв на пахотных землях
(на примере территории Республики Татарстан)**

**Аввакумова А.О.**

Казанский (Приволжский) федеральный университет,

Россия, 420008, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18

E-mail: avvakumova\_alina@mail.ru

**Аннотация.** На современном этапе активизации хозяйственной деятельности человека в условиях возрастающей антропогенной нагрузки на почвы изучение процесса почвенной эрозии и факторов, его обуславливающих, представляет особую значимость. В связи с недостатком исследований автором рассмотрены математические модели почвенной эрозии и ее развития, разработанные с целью подробного анализа вклада основных факторов эрозии с использованием данных крупномасштабных почвенных и топографических карт. По результатам исследования выделено наиболее распространенное сочетание тех условий, которые способствуют развитию эрозионных процессов на интенсивно распахиваемых землях в пределах изученной территории (Республика Татарстан). Было установлено, что вероятность проявления эрозии почв, а также увеличения ее интенсивности обусловлены ростом величин следующих показателей: уклон, частные водосборные площади, а также ряда производных индексов (индекс конвергенции-дивергенции потока, профильная кривизна и эрозионный потенциал рельефа).

**Ключевые слова:** почвенная карта, показатель рельефа, тип почвы, обобщенная линейная модель, *(не дублируйте слова и словосочетания из заглавия, используйте слова и словосочетания, дополняющие представление о вашей работе)*

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» ГК 14.597.11.0035 *(при наличии)*

**Для цитирования:** Аввакумова А.О. 2020. Математическое моделирование факторов эрозии почв на пахотных землях (на примере территории Республики Татарстан). Региональные геосистемы. 44(1). DOI:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

**Mathematical modeling**

**of soil erosion factors on agricultural lands**

**(on the territory of the Republic of Tatarstan)**

**Anna O. Avvakumova**

Kazan (Volga region) Federal University

18 Kremlyovskaya St, Kazan, Tatarstan, 420008, Russia

E-mail: avvakumova\_alina@mail.ru

**Abstract.** The study of the soil erosion process and its determining factors is of particular importance nowadays, in conditions of an increasing anthropogenic pressure. The article describes mathematical models of soil erosion and its development, created with the aim of a detailed analysis of the main soil erosion factors contribution (topography, soil types and particle size distribution) using large-scale soil and topographic maps. The main feature of the suggested models is that they are based on qualitative data (soil erosion categories determined by large-scale soil maps). The modeling areas of agricultural lands were determined by remote sensing data. The analysis of the models coefficients allowed to single out the most common combination of conditions conducive to the development of soil erosion processes on agricultural land within the study area (The Republic of Tatarstan). The study in prospect gives an opportunity to contain zoning of the territory according to the probability of erosion processes development. It was found that the probability of soil erosion, as well as its intensification, increases with the following indicators: slope, specific catchment area, as well as a number of derived indices (convergence-divergence flow index, profile curvature and LS-factor).

**Keywords:** soil map, topography, soil type, Generalized Linear Model.

**Acknowledgements:** The work is supported by Ministry of education of Russia within the Federal program "Research and development on priority directions of development of scientific-technological complex of Russia for 2014-2020" GK 14.597.11.0035 *(при наличии)*

**For citation:** Mihno V.B., Bykovskaya O.P., Gorbunov A.S. 2020. Mathematical modeling of soil erosion factors on agricultural lands (on the territory of the Republic of Tatarstan). Regional Geosystems. 44(1): DOI:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Введение

*текст*

**Объекты и методы исследования**

*текст*

**Результаты и их обсуждение**

*текст*

**Заключение**

*текст*

***В теоретической статье в*** *основной части могут быть разделы с авторскими заголовками, выделенными исходя из аналитических соображений логичного и связанного представления авторской аргументации (Введение и Заключение остаются).*

**Благодарности**

*Автор выражает благодарность научному руководителю, доктору географических наук, профессору Ермолаеву О.П., сотрудникам кафедр ландшафтной экологии и моделирования экологических систем, в частности, профессору Савельеву А.А.*

**Список источников** *(при наличии)*

*(включает ненаучную литературу: законодательные и архивные документы, ГОСТы, справочники, сборники докладов, учебные пособия и т.д.)*

1. Об утверждении требований к государственным топографическим картам и государственным топографическим планам, включая требования к составу сведений, отображаемых на них, к условным обозначениям указанных сведений, требования к точности государственных топографических карт и государственных топографических планов, к формату их представления в электронной форме, требований к содержанию топографических карт, в том числе рельефных карт: Приказ Минэкономразвития России от 06.06.2017 № 271 (ред. от 11.12.2017) // СПС КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/ document /cons\_doc\_LAW\_219559/ (дата обращения: 23 октября 2019).

2. О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2018 году: государственный доклад. Электронная книга. URL: http://eco.tatarstan.ru /rus/file/pub/pub\_1928270.pdf (дата обращения: 28 января 2020).

**Список литературы**

*(включает статьи в научных журналах, монографии и другие научные издания)*

1. Аввакумова А.О., Ермолаев О.П. 2011. Методика оценки пространственно-временной динамики эрозии почв по материалам повторных почвенных съемок в регионе интенсивного земледелия средствами ГИС-технологий. Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле», 4: 3–7.

2. Буряк Ж.А., Терехин Э.А. 2015. Противоэрозионное обустройство агроландшафтов на основе оценки потенциальных эрозионных потерь почвы с использованием ГИС-технологий. Науки о Земле: вчера, сегодня, завтра. Материалы международной научной конференции, Казань, Бук: 1–7.

3. Голосов В.Н. 2006. Эрозионно-аккумулятивные процессы в речных бассейнах освоенных равнин. М., ГЕОС, 296 с.

4. Дедков А.П., Мозжерин В.И. 1984. Эрозия и сток наносов на Земле. Казань. Изд-во КГУ, 264 с.

5. Ермолаев О.П. 2017. Геоинформационное картографирование эрозии почв в регионе Среднего Поволжья. Почвоведение, 1: 130–144.

6. Ермолаев О.П., Гафуров А.М., Усманов Б.М. 2018. Оценка интенсивности и динамики эрозии методом наземного лазерного сканирования. Почвоведение, 7: 893–906.

7. Ермолаев О.П., Усманов Б.М., Гафуров А.М., Голосов В.Н. 2019. Оценка темпов смыва на склонах методом наземного лазерного сканирования. В кн.: Голосов В.Н., Ермолаев О.П. Пространственно-временные закономерности развития современных процессов природно-антропогенной эрозии на Русской равнине. Казань, АН РТ: 115–122.

8. Заславский М.Н. 1983. Эрозиоведение. М., Высшая школа, 320 с.

9. Лисецкий Ф.Н., Светличный А.А., Черный С.Г. 2012. Современные проблемы эрозиоведения. Белгород, Константа. 456 с.

10. Литвин Л.Ф. 2002. География эрозии почв сельскохозяйственных земель России. М., ИКЦ Академкнига, 255 с.

11. Мальцев К.А. Ермолаев О.П. 2019. Оценка потенциальных потерь почвы на сельскохозяйственных землях Европейской части России. Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях. Материалы V Всероссийской научной конференции с международным участием, объединенной с XXXIV пленарным совещанием Межвузовской научно-координационного совета по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Москва, ЛЕНАНД: 294–296.

12. Пространственно-временные закономерности развития современных процессов природно-антропогенной эрозии на Русской равнине. 2019. Под ред. В.Н. Голосова, О.П. Ермолаева. Казань, Изд-во АН РТ, 372 с.

13. Фокин А.Д. 1986. Почва, биосфера и жизнь на Земле. М., Наука, 138 с.

14. Bosco C., de Rigo D., Dewitte O., Poesen J., Panagos P. 2015. Modelling soil erosion at European scale: towards harmonization and reproducibility. Natural Hazards and Earth System Sciences, 15 (2): 225–245.

15. Landsat – Earth observation satellites. 2015. U.S. Geological Survey. Reston, VA. 4.

16. Maltsev K.A., Yermolaev O.P., Mozzherin V.V. 2015. Suspended sediment yield mapping of Northern Eurasia. Proceedings IAHS: 326–332.

17. Morgan R.P.C. 1996. Soil Erosion and conservation. London, New York, Publ. Longman, 198 р.

18. Panagos P. 2015. A new European slope length and steepness factor (LS-Factor) for modeling soil erosion by water. Geosciences. Switzerland, 5: 117–126.

19. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. 2014. Electronic resource. Available at: http://www.R-project.org/ (accessed: 07 March 2019).

20. Schmidt S. 2018. Mapping spatio-temporal dynamics of the cover and management factor (C-factor) for grasslands in Switzerland. Remote Sensing of Environment, 211: 89–104.

21. Yermolaev O., Avvakumova A. 2012. Cartographic-geoinformational estimation of spatio-temporal erosion dynamics of arable soils in forest-steppe landscapes of the Russian Plain. IAHS-AISH Publication, 356: 332–337.

22. Yermolaev O., Avvakumova A. 2014. GIS Methods In Evaluation Of Arable Soils' Spatial-Time Erosion Dynamics On The Territory Of The Russian. 14th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM, 3: 627–633.

**References**

*Названия русскоязычных работ: транслитерация, затем, в кв. скобках, перевод на англ.яз. Названия русскоязычных журналов только транслитерируются.*

*Названия русскояз. статей и журналов, имеющих официальное англоязычное название, не транслитерируются – указываем только англояз. название, в конце указываем язык оригинала - (in Russian)*

*Выходные данные – том, страницы, выпуск, «под редакцией» – указываем только на англ. языке.*

*Название издательства, если оно является именем собственным, только транслитерируем.*

*Если работа имеет DOI, указываем в конце описания.*

1. Avvakumova A.O., Ermolaev O.P. 2011. Methodology for estimating spatial and temporal dynamics of soil erosion from repeated soil surveys in the region of intensive agriculture using GIS technologies. Bulletin of the Udmurt university. Series "Biology. Sciences about Earth", 4: 3–7. (in Russian)

2. Burjak Zh.A., Terehin E.A. 2015. Anti-erosion management of agrolandshafts based on assessment of potential soil erosion losses using GIS technologies. Earth sciences: yesterday, today, tomorrow. Proceedings of the International Scientific Conference. Kazan, Buk: 1–7. (in Russian)

3. Golosov V.N. 2006.Erosion-storage processes in river basins of developed plains. Moscow, Publ. GEOS, 296 р. (in Russian)

4. Dedkov A.P., Mozzherin V.I. 1984. Jerozija i stok nanosov na Zemle [Erosion and runoff of sediments on Earth]. Kazan, Publ. KGU, 264 p.

5. Ermolaev O.P. 2017. Geo-informational mapping of soil erosion in the Middle Volga region. Soil science, 1: 130–144. (in Russian)

6. Ermolaev O.P., Gafurov A.M., Usmanov B.M. 2018. Estimation of erosion intensity and dynamics by ground laser scanning. Soil science, 7: 893–906. (in Russian)

7. Ermolaev O.P., Usmanov B.M., Gafurov A.M., Golosov V.N. 2019. Estimation of the rate of flush on slopes by ground laser scanning. V kn.: Golosov V.N., Ermolaev O.P. Spatio-temporal patterns of contemporary processes dynamics of natural and human-induced erosion on agricultural lands of the Russian Plain. Kazan, Publ. AN RT: 115–122. (in Russian)

8. Zaslavskij M.N. 1983. Jeroziovedenie. [Erosion studies]. Moscow, Publ. High School, 320 p.

9. Liseckii F.N., Svetlichnyi A.A., Chernyi S.G. 2012. Modern problems of erosion science. Belgorod, Publ. Konstanta. 456 p. (in Russian)

10. Litvin L.F. 2002. Soil erosion geography of agricultural lands in Russia. Moscow, Publ. IKC Akademkniga, 255 p.

11. Mal'cev K.A., Ermolaev O.P. 2019. Assessment of potential soil losses on agricultural land in the European part of Russia. Patterns of erosion and channel processes in various environmental conditions. Materials of the V All-Russian Scientific Conference with international participation, combined with the XXXIV plenary meeting of the Interuniversity Scientific Coordination Council on the problem of erosion, channel and wellhead processes. Moscow, Publ. LENAND: 294–296. (in Russian)

12. Spatio-temporal patterns of contemporary processes dynamics of natural and human-induced erosion on agricultural lands of the Russian Plain. 2019. Kazan, Publ. AN RT, 372 p. (in Russian)

13. Fokin A.D. 1986. Pochva, biosfera i zhizn' na Zemle [Soil, biosphere and life on Earth]. Moscow, Publ. Science, 138 p.

14. Bosco C., de Rigo D., Dewitte O., Poesen J., Panagos P. 2015. Modelling soil erosion at European scale: towards harmonization and reproducibility. Natural Hazards and Earth System Sciences, 15 (2): 225–245.

15. Landsat – Earth observation satellites. 2015. U.S. Geological Survey. Reston, VA. 4.

16. Maltsev K.A., Yermolaev O.P., Mozzherin V.V. 2015. Suspended sediment yield mapping of Northern Eurasia. Proceedings IAHS: 326–332.

17. Morgan R.P.C. 1996. Soil Erosion and conservation. London, New York, Publ. Longman, 198 р.

18. Panagos P. 2015. A new European slope length and steepness factor (LS-Factor) for modeling soil erosion by water. Geosciences. Switzerland, 5: 117–126.

19. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. 2014. Electronic resource. Available at: http://www.R-project.org/ (accessed: 07 March 2019).

20. Schmidt S. 2018. Mapping spatio-temporal dynamics of the cover and management factor (C-factor) for grasslands in Switzerland. Remote Sensing of Environment, 211: 89–104.

21. Yermolaev O., Avvakumova A. 2012. Cartographic-geoinformational estimation of spatio-temporal erosion dynamics of arable soils in forest-steppe landscapes of the Russian Plain. IAHS-AISH Publication, 356: 332–337.

22. Yermolaev O., Avvakumova A. 2014. GIS Methods In Evaluation Of Arable Soils' Spatial-Time Erosion Dynamics On The Territory Of The Russian. 14th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM, 3: 627–633.

|  |  |
| --- | --- |
| **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ** | **INFORMATION ABOUT THE AUTHOR** |
| **Аввакумова Имя Отчество,** ассистент кафедры ландшафтной экологии института экологии и природопользования Казанского (Приволжского) Федерального университета, г. Казань, Россия | **Anna O. Avvakumova,** assistant of the Department of landscape ecology, Institute of ecology and nature management, Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia |