

ГЕОСТАТИСТИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ НЕОДНОРОДНОСТИ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ОСНОВНЫХ ВИДОВ ЗЕМЕЛЬ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А.Л. Киндеев¹⁾, А.А. Сазонов²⁾, В.В. Яскељчик³⁾

1) Белорусский государственный университет, Минск, пр. Независимости, 4,
2203030, Беларусь, email: AKindeev@tut.by;

2) Белорусский государственный университет, Минск, пр. Независимости, 4,
2203030, Беларусь, email: alexey.szonov@gmail.com;

3) УП «Белнипградостроительства», Минск, пр. Машерова, 29,
220002, Беларусь, email: vijaleta@gmail.com

В настоящем исследовании рассматриваются вопросы классификации кислотности почвы при помощи геостатистических показателей ее пространственного распределения на пахотных, луговых и лесных землях. Был выведен новый относительный показатель – вариация на метр, с помощью которого доказаны существенная схожесть однотипных участков и различия между видами земель. Было установлено, что относительная вариация кислотности почвы на метр для лесных земель составляет – 1,73–2,14 %, луговых – 0,89–1,07 %, а для пахотных – 0,13–0,15 %.

Ключевые слова: кислотность почв; геостатистика; вариограмма; неоднородность; вариация на метр.

Современный этап развития цифровой почвенной картографии (ЦПК) характеризуется в первую очередь синтезом применения прямых и косвенных методов картографирования почвенного покрова и его свойств [1], активным внедрением машинного обучения [2] и, как следствие, перехода к прогнозному почвенному картографированию [3].

В данных тенденциях особое место занимает геостатистический анализ неоднородности отдельных свойств почвы, как основной инструмент прямых методов картографирования почвенного покрова. Также геостатистика является неотъемлемым инструментом в агрохимическом обследовании земель в системах точного земледелия [4], т.к. для фермеров первоочередное значение имеет показатели отдельных агрохимических показателей почвы на каждом из полей [5].

При этом точное прогнозирование в местах, где не проводился детальных отбор проб, невозможно без классической теории географии почв и понимания протекания геохимических процессов, вызванных рельефом местности, растительностью и другими факторами почвообразования, что является основой косвенного почвенного картографирования.

Синтез этих двух подходов определенно возможен и в ряде исследований был апробирован [6]. Однако, до сих пор нет четкой геостатистической классификации почвенного покрова (как, например, полезных ископаемых в геологии), что обуславливается в первую очередь необходимостью огромных полевых и лабораторных изысканий, при этом возможно провести первичную оценку кислотности почвенного покрова. Кислотность, с одной стороны, является одним из важнейших свойств почвы, с другой – характеризуется простотой химического анализа.

Используя метод «ключей», были заложены 6 опытных участков на лесных, луговых и пахотных землях (по 2 шт. на каждый вид) вблизи УГС «Западная Березина» в долине реки Западная Березина, Воложинского района Минской области Республики Беларусь. В отношении к почвенно-экологическому районированию данные ключи характеризуют Ошмянско-Минский район.

С лесного массива № 1 (опытный участок № 1) площадью 12,6 га было отобрано 80 образцов. Почвы преимущественно дерново-подзолистые и дерново-подзолистые заболоченные. Участок № 2, являющийся вторым лесным массивом, составил 11,3 га, с которого было отобрано 78 образцов. Почвы – дерново-подзолистые.

С опытного участка на поле (опытный участок № 3) площадью 10,6 га с дерново-подзолистыми супесчаными почвами на посевах многолетних трав было взято 110 образцов. С поля (опытный участок № 4), где выращивалась кукуруза на площади 17,6 га, было отобрано 102 образцов. Почвы – дерново-подзолистые супесчаные.

На луговом (пойменном) участке (опытный участок № 5) были обнаружены преимущественно аллювиальные дерновые заболоченные почвы, на гривах (повышениях) – аллювиальные дерновые оподзоленные почвы. Площадь участка – 30,7 га; количество отобранных образцов – 79. Опытный участок № 6 также представлен луговой поймой с аллювиальными дерновыми заболоченными почвами и аллювиальными дерновыми оподзоленными на повышениях. Площадь участка составила 44,2 га; количество образцов – 85.

Значения $pH_{КС1}$ были получены потенциометрически в лаборатории с последующим геостатистическим анализом (подробно методика изложена в [7]). В связи с тем, что между участками есть различия по площади, в ряде случаев значительные (более 30 га), для сравнения геостатистических величин был предложен новый показатель – «вариация на метр». В связи с тем, что порог вариограммы отражает дисперсию, а ранг – расстояние, то можно рассчитать дисперсию, приходящуюся на одну единицу рассто-

яния. Данный показатель позволяет перейти от сравнения абсолютных величин к относительным, тем самым вынося за скобки размеры сравниваемых участков.

Новый показатель, вместе с параметрами вариограмм ключевых участков приведен в таблице ниже.

Параметры вариограмм ключевых участков

Параметры	Лесные участки		Пахотные участки		Луговые участки (пойма)	
	ключ 1	ключ 2	ключ 3	ключ 4	ключ 5	ключ 6
$e(r)$	0,169	0,002	0,001	0,000	0,013	0,038
$s(r)$	1,110	0,907	0,009	0,006	0,534	0,495
$s(r)+e(r)$	1,279	0,909	0,010	0,006	0,547	0,533
L, м	34,0	33,0	24	38	46	64
R, м	172	58,9	182	71,3	160	241
D, %.	13,2	0,20	10,0	0,00	2,37	7,12
M	4,98	5,8	5,91	6,1	5,44	5,26
$s(r)+e(r)/R$	0,00743604	0,01543293	0,00005494	0,00008415	0,00341875	0,00221161
ср. кв. откл./R	0,08623251	0,12422937	0,00741249	0,00917341	0,05847007	0,04702784
V/R	1,732%	2,142%	0,125%	0,150%	1,075%	0,894%
$An, ^\circ$	0,00	0,00	21,4	0,00	52,5	0,00
ME	-0,014	-0,023	0,012	-0,002	0,004	-0,0004
RMSE	-0,579	0,945	0,409	0,491	0,596	0,645
RMSS	1,070	1,013	1,008	1,050	1,060	1,058

Сразу определяются основные геостатистические различия «ключей». В первую очередь стоит отметить, что среднее расстояние между точками (L) участков одной группы отличается незначительно, что позволяет сопоставлять полученные результаты. Показатель остаточной дисперсии (D) у всех участков менее 13,2 %, что говорит о сильной пространственной взаимозависимости показателей кислотности.

Выделяется Порог ($s(r)+e(r)$) – порядок цифр для почв лесных земель составляет единицы (от 0,9 до 1,3), для пахотных почв – тысячные и сотые (0,006–0,01), а для луговых (поймы) – десятые (0,53–0,54). Полученные значения нового показателя (V/R) подтверждают описанные выше различия – у почв лесных земель вариация колеблется в районе 2 процентов, у пахотных – одной-двух десятых процента, а у луговых – около 1 %.

Отмеченные низкие значения остаточной дисперсии позволяют говорить о высокой точности полученных картограмм (рис. 1–3). Практически на всех рисунках наблюдается высочайшая степень гетерогенности кислотности. На лесных участках выделяются значения от 4,0 до 8,5; на пашне – от 4,5 до 8,0 и на пойме – 3,5 до 7,5.

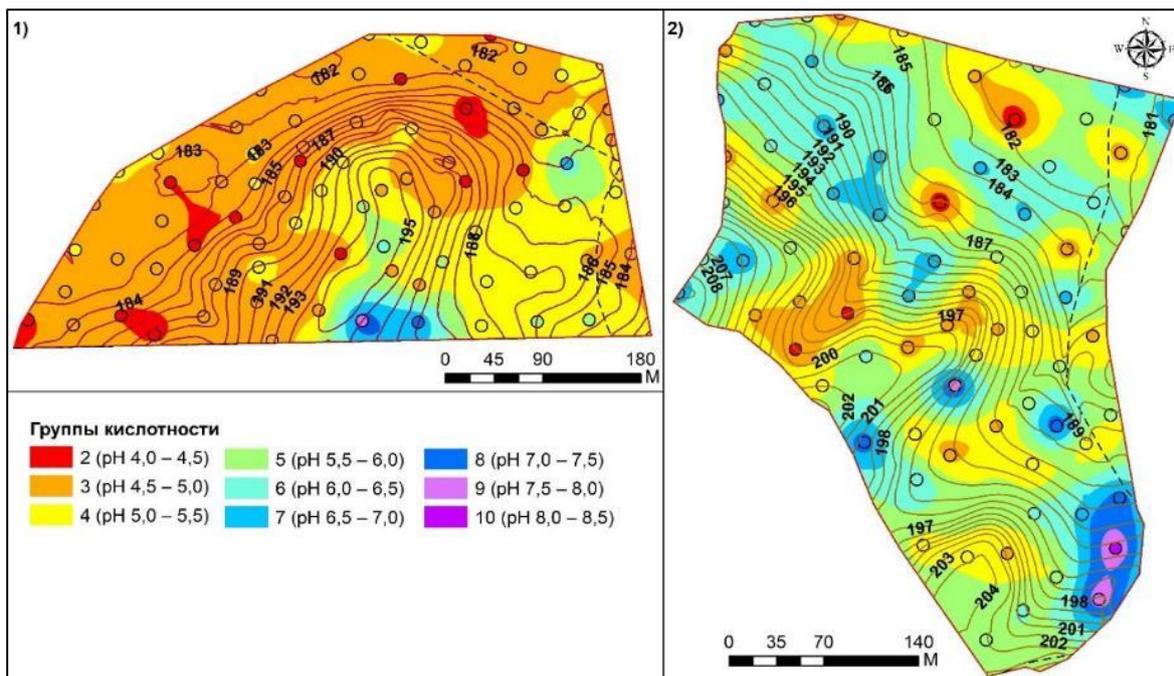


Рис. 1. Картограммы кислотности почв лесных участков

На лесных землях неоднородность кислотности почв обусловлена совокупной гетерогенностью растительности, рельефа и подстилающей породы. Наиболее ярко это выражено на ключе №2.

Значительно меньшую дифференциацию кислотности почв, как внутрипольную, так и между собой, имеют участки на пашне (рис. 2).

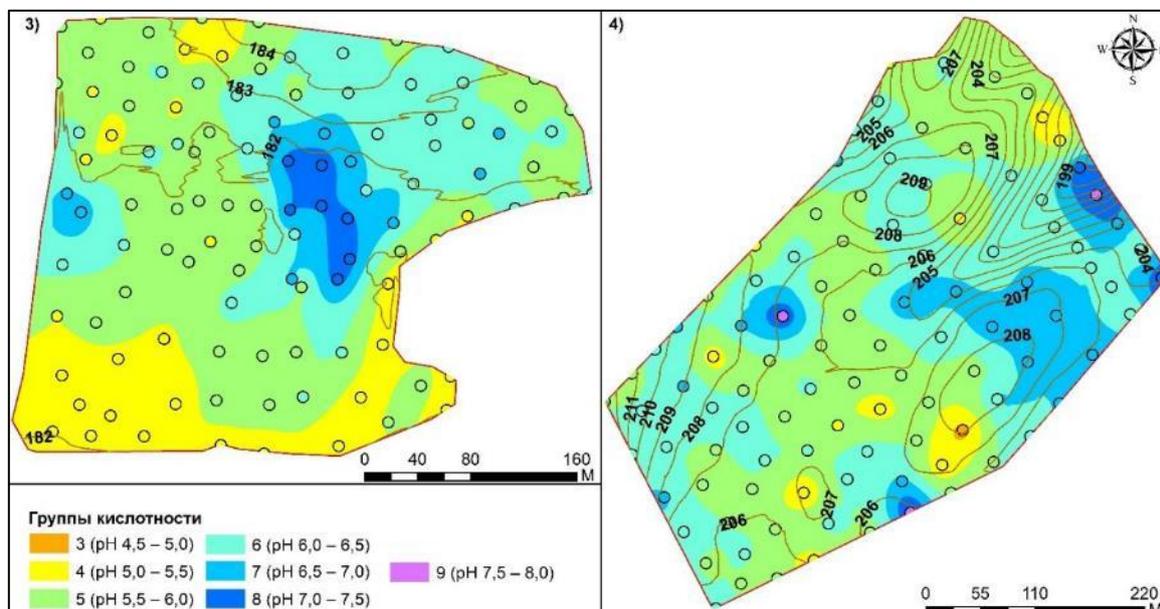


Рис. 2. Картограммы кислотности почв пахотных участков

На пахотных землях кислотность почв не опускается ниже 5,0, однако присутствуют микроконтуры щелочных почв, которые не могут быть учтены при проведении стандартного агрохимического обследования, что негативно отразится на урожайности и приведет к неэффективным затратам.

Почвам луговых земель, представленным участками на пойме, как и лесных массивов, свойственна высокая степень дифференциации кислотности почвы, что отражено на рисунке 3.

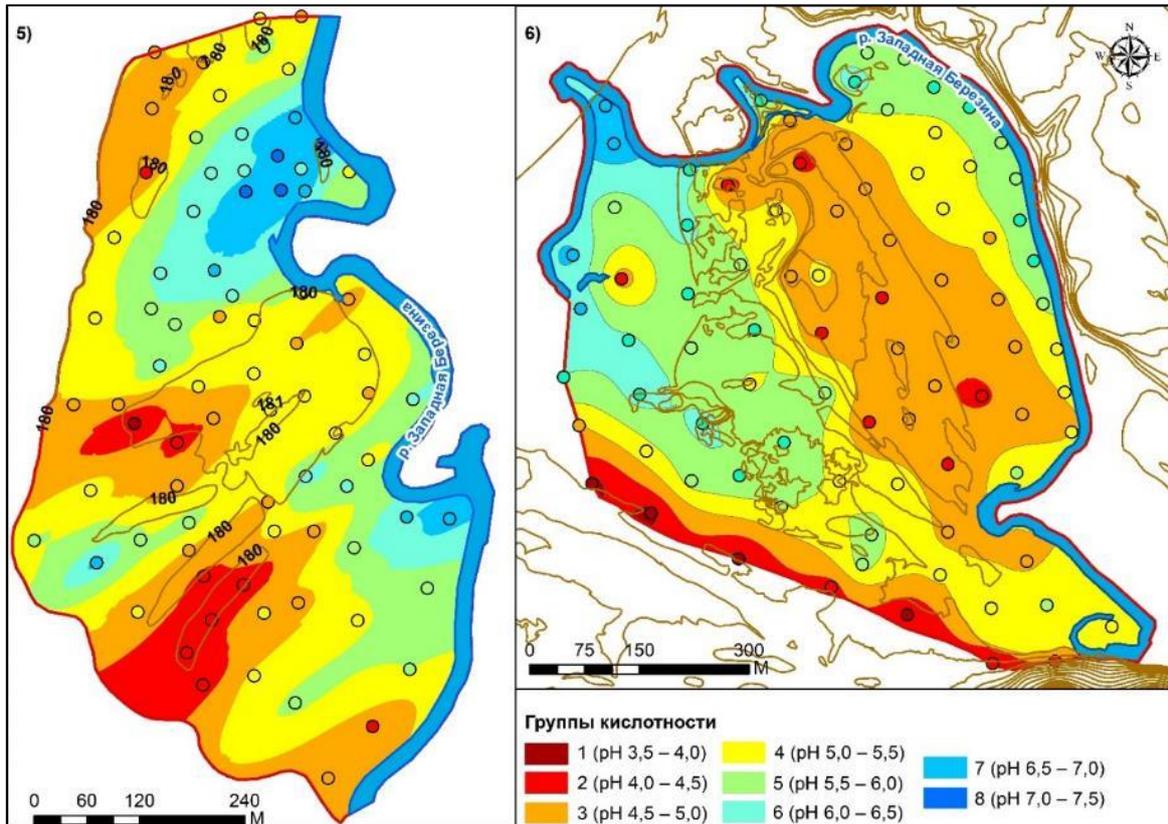


Рис. 3. Картограммы кислотности почв луговых участков

На луговых участках можно выделить контуры кислых и среднекислых почв, приуроченные к аллювиальным гривам, слабощелочных и нейтральных почв с близким залеганием грунтовых вод, а также участки поймы, удаленные от русла, где происходят процессы торфообразования.

Вместе с геостатистическими показателями приведенные карты показывают, что при картографировании в детальном масштабе закономерности распределения кислотности почв могут быть описаны только с помощью современных методов геоинформационного и геостатистического анализа.

В свою очередь, классические представления об однотипном распределении кислотности в почвах конкретной разновидности требуют переосмысления и уточнения.

Библиографические ссылки

1. Красильников П. В., Таргульян В. О. На пути к «новой географии почв»: вызовы и решения (обзор) // Почвоведение. 2019. № 2. С. 131–139.
2. Heuvelink G. B. M., Webster R. Spatial statistics and soil mapping: A blossoming partnership under pressure // Spatial statistics. 2022. Т. 50. 29 p.
3. Червань А. Н., Киндеев А. Л. Современные направления географии почв и почвенного картографирования // Плодородие почв – основа продовольственной безопасности государства: Материалы VI съезда Белорусского общества почвоведов и агрохимиков, Минск, 21 июля 2022 г. / Институт почвоведения и агрохимии, Белорусское общество почвоведов и агрохимиков ; редкол.: Ю.К. Шашко [и др.]. Минск : Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2022. С. 340–344. ISBN 978-985-7149-83-4.
4. Soil survey manual United States Department of Agriculture Handbook No. 18 / Soil Science Division Staff; eds. C. Ditzler, K. Scheffe, H. C. Monger. Columbia region, Washington : Government Printing Office. 2017. 604 p.
5. Савин И. Ю., Жоголев А. В., Прудникова Е. Ю. Современные тренды и проблемы почвенной картографии // Почвоведение. 2019. № 5. С. 517–528.
6. Червань А. Н., Киндеев А. Л., Сазонов А. А. Структура почвенного покрова, педо- и биоразнообразие Березинского биосферного заповедника // Почвоведение. 2022. № 10. С. 1215–1227.
7. Киндеев А. Л. Перспективные направления геостатистического анализа и стохастического моделирования с учетом экономических издержек при точном земледелии // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2022. № 2. С. 59–70.