

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВ В ЛЕСНЫХ ГЕОСИСТЕМАХ

А.Л. Киндеев^{1,2}, Н.В. Архипова¹, Ю.С. Давидович¹, М.В. Воробей¹, А.А. Якушев¹

Факультет географии и геоинформатики БГУ, г. Минск¹

Институт почвоведения и агрохимии НАН Республики Беларусь, г. Минск²

Аннотация. В статье рассматриваются особенности моделирования пространственного распределения кислотности почв в почвах под лесом на примере ключевого участка площадью 17,0 га. Установлено, что большое количество точек уменьшает точность интерполяции в связи с включением в модель шумов на расстояниях меньше 30 м. Наиболее оптимальным количеством измерений для данной участка составило 50 точек. Анализ наиболее репрезентативных картограмм показал, что низкие значения кислотности (менее 3,00 рН_{KCl}) приурочены к сосняку багульниковому, а менее кислые почвы (рН_{KCl} 4,01–5,01) приурочены к березняку папоротниковому и понижениям.

Ключевые слова: геостатистика, объем выборки, ошибка интерполяции, вариограмма

MODELING THE DISTRIBUTION OF SOIL ACIDITY IN FOREST GEOSYSTEMS

A.L. Kindeev^{1,2}, N.V. Arkhipova¹, Yu.S. Davidovich¹, M.V. Vorobey¹, A.A. Yakushev¹

Faculty of Geography and Geoinformatics BSU, Minsk¹

Institute of Soil Science and Agrochemistry of the National Academy of Sciences of the Republic of Belarus, Minsk²

Annotation. This article examines the modeling of the spatial distribution of soil acidity in forested soils using a key 17.0-hectare site as an example. It was found that a large number of data points reduces interpolation accuracy due to the inclusion of noise at distances less than 30 m in the model. The optimal number of data points for this site was 50 data points. Analysis of the most representative cartograms revealed that low acidity values (less than 3.00 рН_{KCl}) are associated with wild rosemary pine forests, while less acidic soils (4.01–5.01 рН_{KCl}) are associated with fern birch forests and depressions.

Keywords: geostatistics, sample size, interpolation error, variogram

Введение. Большинство исследований, направленных на изучения неоднородности почвенных свойств, а также методических подходов к их картографированию, таких как определения оптимальных расстояний и объема выборки проводится на сельскохозяйственных землях. При этом существует значительный интерес и изучению природных ландшафтов [3], временной динамики изменения почвенных свойств при смене землепользования [2] и их влиянию на рост культур сосны [1]. Растущий объем эмпирических данных связывает современную чувствительность лесных насаждений с деградацией почв, главным образом, вследствие подкисления, а также с усиливающимся воздействием изменяющегося климата [5]. Однако ни в одной из проведенных статей, несмотря на значительный объем выборки не делается попытка картирования кислотности и других почвенных свойств и, как следствия отсутствует оценка методов картографирования, а также последующие изучение пространственных закономерностей. В качестве альтернативы можно привести пример исследований в провинции Чжэцзян Китая, в котором оценивалось пространственное распределение кислотности почв и содержания в ней азота, фосфора и калия [4]. Однако данное исследование отражает закономерности в региональном масштабе и не затрагивает локальные изменения почвенных свойств в отдельных лесных массивах.

В связи с этим актуальным представляется исследование, включающие в себя изучение гетерогенности изменения кислотности почв, как одной из основных характеристик качества почвенного покрова, а также особенностей ее картографирования в локальном масштабе.

Материалы и методы. Участок исследования представляет собой лесной массив площадью 17,0 га расположенный на юге Витебского района Республики Беларусь. Растительный покров представлен на большей части участка березняком кисличным в центральной части участка (8,72 га) и черничным (5,97 га). Кроме этого, присутствуют выдела березняка долгомошного и папоротникового, а также сосняка багульника.

Исходная сетка пробоотбора составлялась случайным образом, но с условием покрытия территории и без образования кластеризации. Отбор проб проводился с глубины 0-20 см (смешанный образец), после чего анализ кислотности проводился в лаборатории согласно ГОСТу 26484-85. Последующая статистическая обработка результатов проводилась в Microsoft Excel, а геостатистическое моделирование в ArcGIS Pro.

Результаты и обсуждения. Генеральная совокупность составила 88 значений кислотности почвы. В ходе первичной статистической обработки было установлено, что на участке значения кислотности колеблется в диапазоне от 2,83 до 4,77 рНКС1, показатели эксцесса и асимметрии составляют -0,62 и 0,29, что меньше их среднеквадратических ошибок (+/- 0,75 и +/- 0,40 соответственно) и свидетельствует о том, что распределение приближено к нормальному и преобразование не требует. Макрокомпоненты в данных обнаружено не было, среднее расстояние между точками составило 33 м, что было учтено в вариограммном анализе.

В ходе анализа были проанализированы все имеющиеся в ArcGIS Pro вариограммы (на рисунке не приводятся тетраферическая и пентаферическая вариограммы т.к. они являются следствием сферической), показавшие полный наггет-эффект. Более сложные вариограммы (эффекта дыры и Бесселя) позволили незначительно снизить остаточную дисперсию (табл.1), но кардинально ситуацию не поменяли.

Таким образом выборка в 88 значений не позволяет учесть пространственную дисперсию кислотности на данном участке. Для этого предлагается оценить качество моделей при изменении анализируемых выборок в 70, 65, 60, 55, 50 и 45 точек (рис. 1).

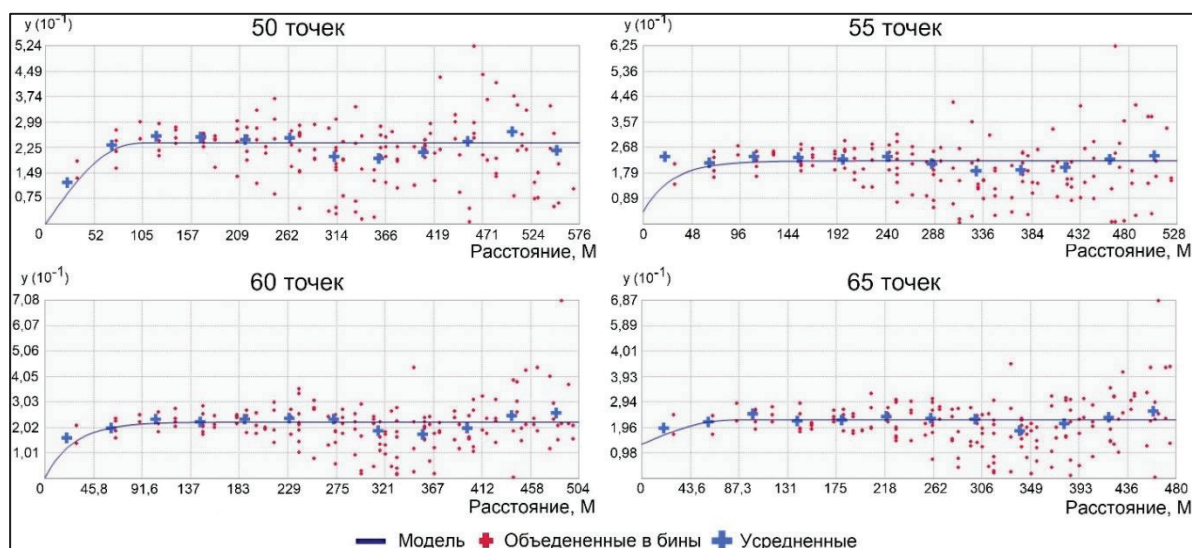


Рис. 1. Вариограммы кислотности почв исследуемого участка, построенные по анализируемым выборкам

При выборке в 50 точек вариограмма имеет плавный, закономерный подъем на расстояниях до 105 м, однако при добавлении 5 точек, и снижении лага с 48 до 44 м экспериментальная вариограмма изменяется и становится более выравненной, дисперсия на

расстояниях до 40 м увеличивается практически вдвое, при этом математическая модель также показывает хороший результат описывая 80,7 % дисперсии. При выборке в 60 точек и уменьши лага еще на 2 метра поведение экспериментальной вариограммы остается практически неизменной, однако при использовании экспоненциальной модели описывается практически вся дисперсия. Последующее увеличение точек до 65 точек и уменьшении лага до 40 м резко увеличивают остаточную дисперсию до 59,6 %.

Не смотря на изменения вариограмм на малых расстояниях, можно заметить, что после 105 м все модели ведут себя практически неизменно – равномерное распределение дисперсии до 260–265 м, последующие снижение, до 460–470 м и дальнейшее увеличение. Таким образом наиболее репрезентативная картограмма может быть построена по 50 точкам пробоотбора (рис. 2).

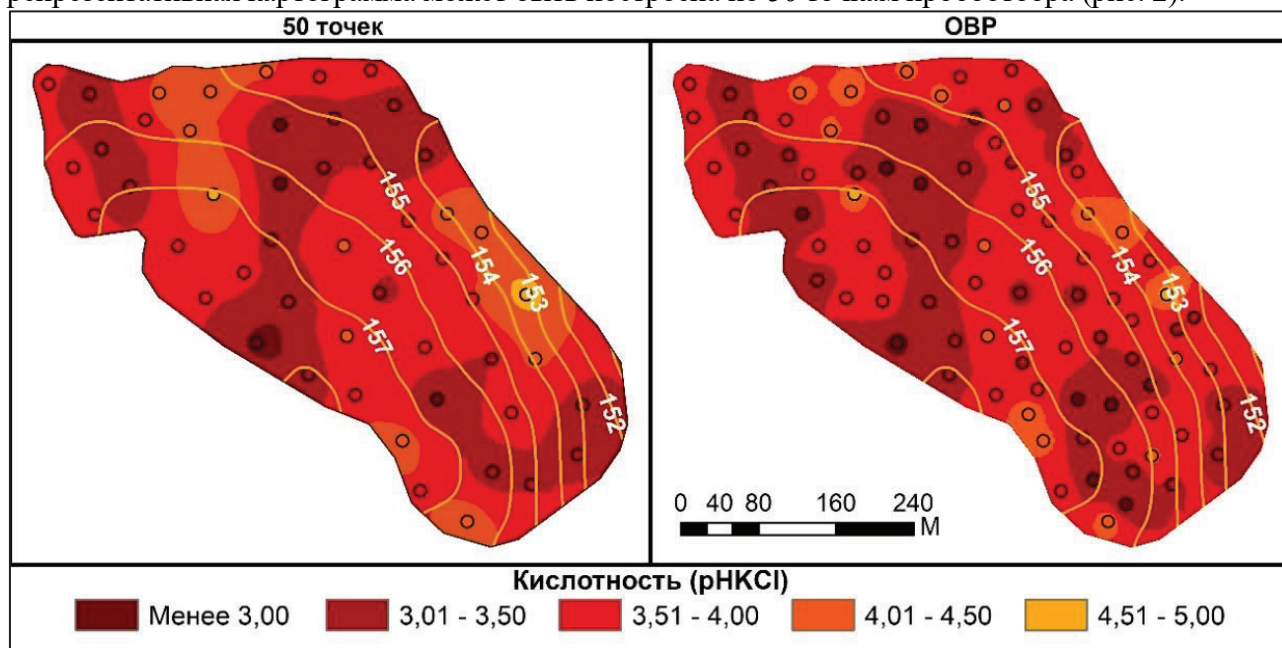


Рис. 2. Картограммы кислотности почв исследуемого участка

Сопоставляя результаты моделирования кислотности почв по 50 точками, как наиболее достоверной картограммы с растительными сообществами на участке можно проследить, что низкие значения кислотности (менее 3,00 рН_{KCl}) приурочены к сосняку багульниковому, что связано с игольчатым опадом. Менее кислые почвы (рН_{KCl} 4,01–5,01) приурочены к березняку папоротниковому и понижениям, где ближе уровень грунтовых вод и аккумулируется питательные элементы с опада трав.

Заключение

Неоднородность пространственного распределения кислотности почвы в природных ландшафтах может иметь очень высокую степень гетерогенности и проявляется на разных иерархических уровнях организации природных систем по-разному, что не всегда возможно заранее оценить по данным о рельефе и /или информации со спутников, особенно под лесной растительностью.

Сравнения картограмму, построенную при выборке в 50 точек построенную геостатистическим методом кригинга и картограмму по 87 точкам, методом обратных взвешенных расстояний, можно сделать вывод, что, если целью работы стоит сугубо создания картографического материала, а не анализ внутренних закономерностей распределения явления не обязательно тратить время на сложный анализ и подбор наилучшего из вариантов, возможно стоит применить более простые способы интерполяции, например, ОВР.

Литература

1. Бажин О. Н. Свойства бурых лесных почв и их влияние на рост культур сосны и ели // Рациональное лесопользование и защита лесов в Среднем Поволжье. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – С. 145–150.
2. Телеснина В. М. Динамика свойств почв южной тайги в ходе постагрогенного лесовосстановления при разных типах сельскохозяйственного использования // Почвы в биосфере. Ч. 2. Томск: Издательский Дом Томского гос. Университета. – 2018. – Т. 50. – С. 159–163.
3. Шамрикова Е. В., Соколова Т. А. Взаимосвязь между различными формами кислотности автоморфных суглинистых почв тундры и тайги // Почвоведение. – 2013. – № 5. – С. 556–569.
4. Dai W. et al. Spatial variability of soil nutrients in forest areas: A case study from subtropical China // Journal of Plant Nutrition and Soil Science. – 2018. – Т. 181. – №. 6. – С. 827–835.
5. Šantrůčková H. et al. The chemical composition of forest soils and their degree of acidity in Central Europe // Science of the Total Environment. – 2019. – Т. 687. – С. 96–103.