

ГЕОСТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВЫ С УЧЕТОМ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИЗДЕРЖЕК ПРИ ТОЧНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Ф. С. Гутько¹⁾, А. Л. Киндеев²⁾

*¹⁾ Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,
2203030, Беларусь, email: gytko.filip12@gmail.com*

*²⁾ Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,
2203030, Беларусь*

Одной из областей применения геостатистики в земледелии является точное земледелие, которое базируется на использовании глубокого анализа данных и применении геостатистических методов. Точное земледелие позволяет учитывать множество факторов, таких как рельеф, тип почвы, кислотность, климатические условия и многие другие, позволяет более эффективно использовать ресурсы при проведении известкования почвы, внесения удобрений.

Ключевые слова: геостатистический анализ; точное земледелие; кислотность почвы; сельское хозяйство; экономические издержки; известкование.

GEOSTATISTICAL ANALYSIS OF SOIL ACIDITY TAKEN INTO ACCOUNT OF ECONOMIC COSTS IN PRECISION AGRICULTURE

F. S. Gutko¹⁾, A. L. Kindeev²⁾

*¹⁾ Belarusian State University, Independence Ave., 4, 2203030, Belarus,
email: gytko.filip12@gmail.com*

²⁾ Belarusian State University, Independence Ave., 4, 2203030, Belarus

One of the areas of application of geostatistics in agriculture is precision agriculture, which is based on the use of in-depth data analysis and the use of geostatistical methods. Precision farming makes it possible to take into account many factors, such as topography, soil type, acidity, climatic conditions and many others, and allows for more efficient use of resources when liming the soil and applying fertilizers.

Keywords: geostatistical analysis; precision agriculture; soil acidity; Agriculture; economic costs; liming.

В последние годы в мире наблюдается развитие концепции точного земледелия, поддерживаемого высокими технологиями, или «точного земледелия». В основе точного земледелия лежит управление продуктивностью посевов, учитывающее вариабельность среды обитания растений. Целью точного земледелия является получение максимальной прибыли

при условии оптимизации производства, экономии удобрений, извести, ядохимикатов, воды, рационального использования природных ресурсов, защите окружающей среды.

В нашей стране точное земледелие менее развито, так как внедрение «точного земледелия» связано с одной стороны с техническим обеспечением, с другой стороны – с получением подробной и точной информации о конкретном поле. Одной из ключевых технологий, которая обеспечивает эту точность, является геостатистика. Геостатистика это методология, которая позволяет анализировать и интерпретировать пространственные данные и выделять закономерности в распределении параметров в пространстве и времени. Она позволяет улучшить качество и эффективность земледельческой деятельности, оптимизировать использование ресурсов и повысить урожайность.

Применительно к точному земледелию можно выделить несколько этапов геостатистического анализа: первичная статистическая обработка; вариография – анализ и описание пространственной корреляционной структуры данных на основе различных статистических (математических) моделей; кросс-валидация – проверка и сравнение статистических погрешностей математических моделей; построение картограмм с помощью кригинга.

Объектом исследования настоящего исследования являются почвы 5 опытных участков, заложенных на территории Барановичского района Брестской области. Участки являются действующими сельскохозяйственными полями местного К(Ф)Х.

На основании различий в площади 5 опытных участков была сгенерирована сетка пробоотбора с шагом в 70 м на участках №1 и №3, с шагом в 50 м на участке №2, с шагом 40 м на участке № 4 и с шагом 20 м на участке №5 – суммарное количество точек составило 565 штук. На опытном участке №1 было отобрано 198 почвенных образцов, на участке № 2 – 82, на участке №3 – 105, на участке № 4 –72, на участке №5 – 108 почвенных образцов. Отбор проб производился с глубины 0–20 см.

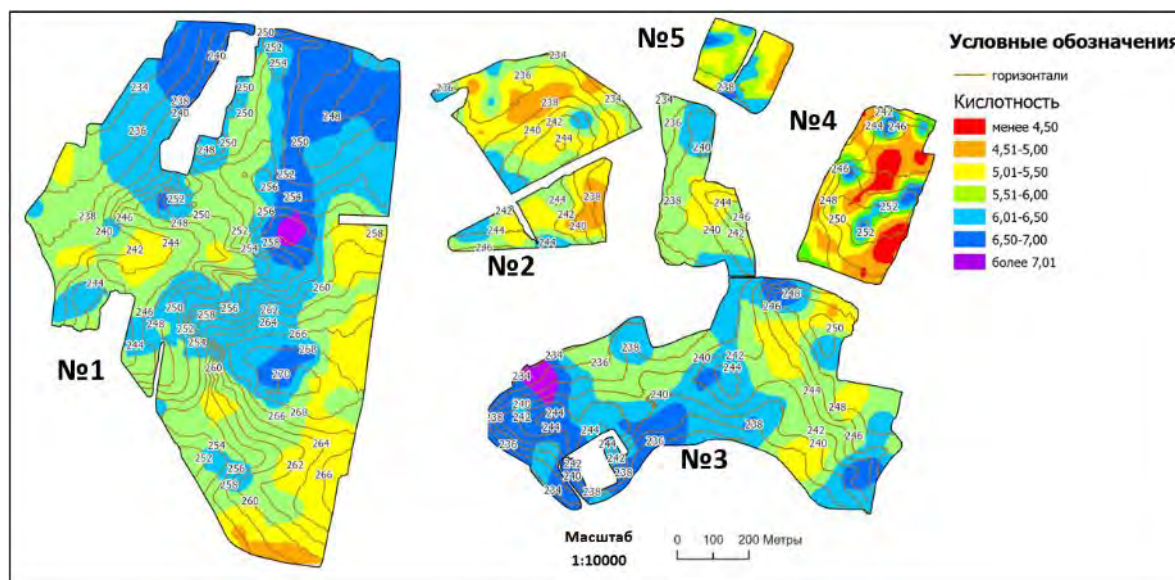
Значения рН по КС1 были получены потенциометрически в лаборатории. Геостатистический анализ проводился по стандартной методике: после проверки на нормальность распределения вычленились детерминированные (глобальные) тренды.

Далее при проведении вариограммного анализа определяется оптимальная модель вариограммы для каждого опытного участка, для которых рассчитываются такие показатели как наггет, порог, ранг и остаточная дисперсия.

Кроме визуального сходства и экспертной оценки, качество вариограммного анализа оценивалось по значению средней ошибки прогноза,

среднеквадратичной ошибки и среднеквадратической нормированной погрешности, являющихся количественными мерами точности подбора математической модели вариограммы к эмпирической.

Заключительным этапом геостатистического анализа является построение картограмм кислотности почв исследуемых участков при помощи инструментов интерполяции (метод грида) (рисунок).



Картограмма кислотности опытных участков

Далее была составлена картограмма кислотности, составленная по методике агрохимического обследования земель, утвержденной в Республике Беларусь. Все земли хозяйства были разделены на рабочие участки, согласно принципу их использования и севообороту, и определена кислотность для каждого рабочего участка.

Отдельно был проведен анализ кислотности почвы с учетом экономических издержек при точном земледелии. Для этого было рассчитано количество необходимой доломитовой муки для внесения в почвы по методу агрохимических исследований и методу грида, стоимость которой в Республике Беларусь на момент проведения исследования (2023 г.) составляла 12 долларов США. Результаты расчетов представлены в таблице.

Согласно сводной ведомости по затратам на известкование земель КФХ в целом внесение доломитовой муки методом грида гораздо дешевле, чем методом агрохимических исследований, что позволяет экономить денежные средства хозяйства в размере около 1600 руб. На всех участках, кроме №3, метод грида значительно уменьшает объемы внесения CaCO_3 . Но при этом на участке №3 наблюдается обратная ситуация. Это говорит

о том, что на данном участке имеются значительные колебания кислотности почвы, которую нельзя увидеть при проведении агрохимического обследования. Внесение дополнительных объемов доломитовой муки на данном участке по методу грида, позволит увеличить эффективность земель и увеличения урожайности.

Сводная ведомость по затратам на известкования земель КФХ

Номер участка	Агрохимическое обследование		Метод грида		Дельта (разница)	
	CaCO ₃ , тонн	Затраты, руб.	CaCO ₃ , тонн	Затраты, руб.	CaCO ₃ , тонн	Затраты, руб.
1	150	1804	90,2	1082,4	59,8	721,6
2	61,3	735	12,7	151,8	48,6	583,2
3	21	252	50	600	-29	-348
4	39,9	478,8	38,4	460,8	1,5	18
5	10,8	130	6,9	82,8	3,9	47,2
Всего	283	3399,8	198,2	2378,4	84,6	1621,4

Результаты данного исследования заключаются в том, что геостатистический анализ данных позволяет определить наличие ошибок и выбросов в данных, оценить основные статистические закономерности. Вариография позволяет определить пространственную корреляционную структуру свойств почв на опытных участках и определить оптимальную модель и метод интерполяции полученных данных. Геостатистический анализ позволяет максимально точно и научно обоснованно строить картограммы кислотности почв экспериментальных площадей с помощью инструментов интерполяции. В целом геостатистика позволяет улучшить качество и эффективность земледельческой деятельности, оптимизировать использование ресурсов и повысить урожайность.

Библиографические ссылки

1. *Киндеев А. Л.* Перспективные направления геостатистического анализа и стохастического моделирования с учетом экономических издержек при точном земледелии.
2. *Клебанович Н. В., Киндеев А. Л., Сазонов А. А.* Геостатистический анализ при картографировании пространственной неоднородности влажности и кислотности почв. 2021.
3. *Красильников П. В.* Геостатистика и география почв; Ин-т биологии КарНЦ РАН. М.: Наука, 2007.