

УДК: 631.415

СРАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕТАЛЬНОГО УЧЕТА КИСЛОТНОСТИ ПРИ ПЕРЕХОДЕ К СИСТЕМАМ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Ф. С. Гутько, А. Л. Киндеев

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

В исследовании приводится краткий анализ тенденций развития современных технологий земледелия. Определено, что детальный и наиболее качественный учет может быть достигнут при использовании методики геостатистики. Проведенные расчеты показали, что при точном учете неоднородности кислотности почв, экономия средств на опытных полях составляет 1228,8 долл. США.

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

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE ECONOMIC EFFICIENCY OF DETAILED ACCOUNTING OF ACIDITY IN THE TRANSITION TO PRECISION FARMING SYSTEMS

F. S. Gutko, A. L. Kindeev

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

The research provides a brief analysis of trends in the development of modern farming technologies. It was determined that detailed and the most qualitative accounting can be achieved using the geostatistics methodology, the calculations showed that with accurate accounting of soil acidity heterogeneity, cost savings in experimental fields amount to 1228.8 US dollars.

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

Развитие технологий и разработка новых методов и подходов в науке затрагивает все сферы деятельности человека, в том числе и сельское хозяйство. В последнее время все большее распространение в Республике Беларусь получают технологии точного земледелия [1]. Одной из основ таких технологий является управление продуктивностью посевов, учитывая внутрипольную изменчивость почвенных свойств. При этом

полноценного внедрения данных технологий не происходит и большинство сельскохозяйственных предприятий основываются на установленных методиках агрохимического обследования земель, установленных в стране [2].

В основе детального учета свойств почв лежат геоинформационные системы и методики пространственного анализа, которые в масштабе одного поля ведут себя случайно [3]. В связи со случайностью пространственного распределения свойств необходим методический алгоритм, основанный на теории вероятности, которым выступает геостатистика [4]. Использование методов геостатистики позволяет улучшить качество и эффективность земледельческой деятельности, оптимизировать использование ресурсов и повысить урожайность. При этом, декларируемая выше случайность распределения свойств почв подразумевает, что каждое отдельное поле будет иметь уникальную пространственную структуру, а значит, необходимы многочисленные эксперименты для подтверждения эффективности таких методик для глобального перехода на современные технологии в Республике Беларусь.

Объектом исследования данной работы являются почвы 5 опытных участков, заложенных на территории Барановичского района Брестской области. В связи с определяющей ролью кислотности почвы, именно это свойство было выбрано в качестве предмета исследования. Участки являются действующими сельскохозяйственными полями местного КФХ.

Данные участки имеют различную площадь, исходя из этой особенности была разработана 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 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 для измерения кислотности.

Значения pH_{KCl} были получены в лаборатории потенциометрическим методом. Геостатистический анализ проводился по стандартной методике: после проверки на нормальность распределения вычленялись глобальные тренды [5]. Путем вариограммного анализа определяется оптимальная модель вариограммы для каждого участка и рассчитываются такие показатели как наггет, порог, ранг и остаточная дисперсия. Качество вариограммного анализа оценивается по значению средней ошибки прогноза, среднеквадратичной ошибки

и среднеквадратической нормированной погрешности, а также по визуальному сходству математической и эмпирической моделей.

Заключительным этапом геостатистического анализа является построение картограмм кислотности почв исследуемых участков при помощи инструментов интерполяции (метод грида) (рис.1).

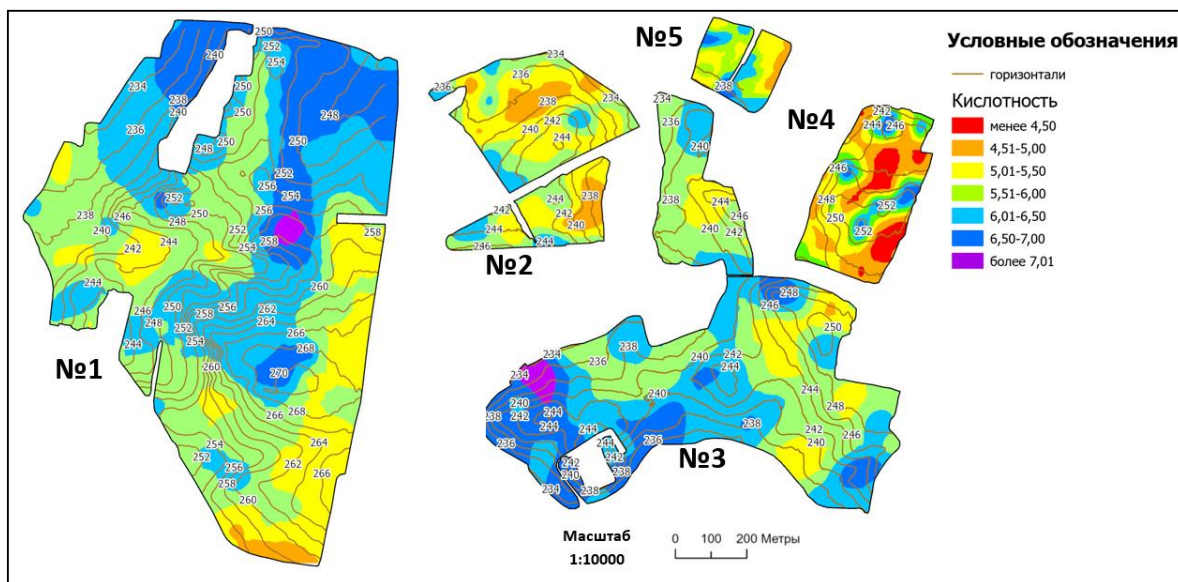


Рис. 1. Картограмма кислотности опытных участков

Следующим этапом исследования является составление карты кислотности почв по методике агрохимического обследования земель, утвержденной в Республике Беларусь. Земли опытных участков были разделены на рабочие участки по принципу их использования в севооборотах, и для каждого рабочего участка была определена кислотность и рассчитаны нормы внесения доломитовой муки (табл. 1). Стоимость доломитовой муки на момент проведения исследования (2024 г.) составляла 12 долларов США.

Также был проведен анализ кислотности почвы с учетом экономических издержек при точном земледелии. Проведены расчеты количества необходимой доломитовой муки для внесения в почву по методу грида (табл. 2).

На основании всех расчетов также была составлена сводная ведомость по затратам на известкование земель КФХ по методу агрохимическому обследованию земель, учрежденному в Республике Беларусь, и методу грида (табл. 3).

Таблица 1

Затраты на известкование по методике агрохимических исследований земель КФХ

Номер рабочего участка	pH _{KCl}	CaCO ₃ , т/га	Площадь, га	CaCO ₃ , тонн	Затраты, \$ США
1	6,2	Не нуждается	12,3	0	0
2	6	Не нуждается	9,6	0	0
3	6,6	Не нуждается	16	0	0
4	5,8	2,5	14,9	37,25	447
5	6,2	Не нуждается	6,1	0	0
6	5,8	2,5	15	37,5	450
7	5,5	3,5	21,6	75,6	907,2
8	5,5	3,5	13	45,5	546
9	5,5	3,5	4,5	15,75	189
10	5,9	Не нуждается	1,9	—	0
11	5,7	2,5	4,3	10,75	129
12	5,8	2,5	8,4	21	252
13	5,2	3,5	11,4	39,9	478,8
14	5,9	Не нуждается	23,2	0	0
15	6,1	Не нуждается	9,6	0	0
16	6,8	Не нуждается	4,4	0	0
17	6,7	Не нуждается	3,2	0	0
18	6,7	Не нуждается	1,3	0	0
	Сумма		180,7	283,25	3399

Таблица 2

Затраты на известкование по методу грида земель КФХ

Участки	Площадь, га	CaCO ₃ , тонн	Затраты, \$ США
1	95,5	90,2	1082,4
2	19,4	12,65	151,8
3	50,1	32,7	392,3
4	12,6	38,4	460,8
5	4,3	6,9	82,8
Сумма	181,9	180,85	2170,1

Таблица 3

Сводная ведомость по затратам на известкование земель КФХ

Номер участка	Агрохимическое обследование		Метод грида		Дельта (разница)	
	CaCO ₃ , тонн	Затраты, \$ США	CaCO ₃ , тонн	Затраты, \$ США	CaCO ₃ , тонн	Затраты, \$ США
1	150,3	1803,6	90,2	1082,4	60,1	721,2
2	61,3	735,6	12,7	151,8	48,6	583,2
3	21,0	252,0	32,7	392,3	-11,7	-140,4
4	39,9	478,8	38,4	460,8	1,5	18
5	10,8	129,6	6,9	82,8	3,9	46,8
Сумма	283,3	3339,6	180,9	2170,1	102,4	1228,8

Согласно сводной ведомости по затратам на известкование земель КФХ внесение доломитовой муки методом грида гораздо дешевле, чем методом агрохимических исследований, что позволяет экономить денежные средства хозяйства в размере около 1200 долларов США. На всех участках, кроме № 3, метод грида значительно уменьшает объемы внесения CaCO₃. Но при этом на участке № 3 наблюдается обратная ситуация. Это говорит о том, что имеются значительные колебания кислотности почвы, которую нельзя увидеть при проведении агрохимического обследования, что приведет к увеличению внесения доломитовой муки на данном участке. Не смотря на увеличение затрат, детальное (точечное) внесение позволит выровнять природную гетерогенность и улучшить эффективность использования земель, что приведет к увеличению урожайности.

Результаты данного исследования показывают, что геостатистический анализ данных позволяет определить наличие ошибок и выбросов в данных, оценить основные статистические закономерности. 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. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030. Минск: Министерство экономики РБ. С. 148.
2. Нац. акад. наук Беларуси, Институт почвоведения и агрохимии / И. М. Богдевич [и др.]. Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2020. 48 с.
3. Якушев В. В. Программно-технические средства информационного обеспечения и реализации агроприемов в системе точного земледелия: автореф. дис. ... канд. тех. наук : 06.01.03 / Агрофизический ин-т Россельхозакадемии. СПб., 2005. 24 с.
4. Клебанович Н. В., Киндеев А. Л. Геоestatистическая оценка вариабельности свойств почв // Вестник УдГУ. 2018. Т. 28. № 1. С. 91–102.
5. Киндеев А. Л. Перспективные направления геоestatистического анализа и стохастического моделирования с учетом экономических издержек при точном земледелии // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2022. № 2. С. 59–70.