

УДК 631.4

DOI: 10.19047/0136-1694-2020-103-168-187



Ссылки для цитирования:

Иванов А.Л., Столбовой В.С., Гребенников А.М., Оглеzneв А.К., Петросян Р.Д., Шилов П.М. Ранжирование кислых почв по приоритетности проведения известкования в Российской Федерации // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2020. Вып. 103. С. 168-187. DOI: 10.19047/0136-1694-2020-103-168-187

Cite this article as:

Ivanov A.L., Stolbovoy V.S., Grebennikov A.M., Ogleznev A.K., Petrosyan R.D., Shilov P.M., Ranking of acidic soils by priority of liming in the Russian Federation, Dokuchaev Soil Bulletin, 2020, V. 103, pp. 168-187, DOI: 10.19047/0136-1694-2020-103-168-187

Ранжирование кислых почв по приоритетности проведения известкования в Российской Федерации

© 2020 г. А. Л. Иванов¹, В. С. Столбовой^{1*}, А. М. Гребенников¹,
А. К. Оглеzneв¹, Р. Д. Петросян², П. М. Шилов¹

¹ФИЦ “Почвенный институт имени В.В. Докучаева”, Россия,
119017, Москва, Пыжжевский пер, 7, стр. 2,
*e-mail: vladimir.stolbovoy@gmail.com.

²Верхневолжский федеральный аграрный научный центр, Россия,
601261, Владимирская обл., Суздальский р-н,
пос. Новый, ул. Центральная, д. 3.

Поступила в редакцию 27.05.2020, после доработки 27.07.2020,
принята к публикации 10.09.2020

Резюме: Почвы с избыточной кислотностью составляют треть пашни в Российской Федерации (35.1 млн га). За послереформенный период (1990–2019 гг.) доля кислых почв в пахотном фонде страны увеличилась на 2%, что связано с резким уменьшением площади известкования, восстановлением известкованных ранее генетически кислых почв, а также с возвратом в сельскохозяйственный оборот части кислых почв, перелогов и залежей. На примере Владимирской области в исследовании демонстрируется новый подход определения приоритетности (очередности) проведения мероприятий по известкованию. В

исследовании используется вновь созданная база данных “Почвы сельскохозяйственных земель в Российской Федерации”, которая включает 10 000 типологических единиц качества почв и 57 678 картографических единиц качества почв (КЕКП). Национальная “модель зернового эквивалента” рассчитывает стандартные урожаи зерновых культур по каждой КЕКП. ГИС-анализ позволяет объединить пространственное распределение кислотности почвы и показателей нормативных урожаев зерновых с целью определения приоритетных районов известкования. Кислые почвы с наивысшей нормативной урожайностью зерновых культур предлагаются в качестве приоритетных для известкования. Применение данного подхода на примере двух районов Владимирской области показало существенное уменьшение сроков окупаемости мероприятий по известкованию.

Ключевые слова: почвы, кислотность, очередность известкования, нормативная урожайность.

Ranking of acidic soils by priority of liming in the Russian Federation

**A. L. Ivanov¹, V. S. Stolbovoy^{1*}, A. M. Grebennikov¹,
A. K. Ogleznev¹, R. D. Petrosyan², P. M. Shilov¹**

¹*Federal Research Centre “V.V. Dokuchaev Soil Science Institute”,
7 Bld. 2 Pyzhevskiy per., Moscow 119017, Russian Federation,
e-mail: vladimir.stolbovoy@gmail.com.

²*Upper Volga Federal Agricultural Research Centre,
3 Tsentral'naya Str., Vladimirskaya obl., Suzdal'skiy r-n,
pos. Noviy 601261, Russian Federation.*

Received 27.05.2020, Revised 27.07.2020, Accepted 10.09.2020

Abstract: Excessively acidic soils account for one third of arable land in the Russian Federation (35.1 million ha). Over the post-reform period (1990–2019), the relative share of acidic soils increased by 2%, due to a sharp decrease in the area of liming, and thus restoration of acidic properties of genetically acidic soils previously limed, as well as the involvement in agricultural use of some abandoned fields and fallows covered by acidic soils. This paper demonstrates a new approach to prioritize areas for liming by the example of the Vladimir region. The study makes use of newly established database “Soils of agricultural lands in the Russian Federation” which includes 10,000 soil quality typological unites and 57,678 soil quality mapping units (SQMU). National “Grain equivalent model” calculates the standard yields for

grain crops by each SQMU. The GIS analysis allows joining spatial distribution of soil acidity and standard yields of grains in order to determine the priority areas for lime application. Acidic soils with the highest grains standard yield are proposed to be considered as high-priority ones for liming. Application of the given method in two districts of the Vladimir region showed significant reduction in the payback period of liming.

Keywords: soil, acidity, priority of liming, standard yield.

ВВЕДЕНИЕ

Проектом “Государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации на 2021–2030 гг.” ([Проект..., 2020](#)) предусмотрено известкование кислых почв на площади до 9 млн га. Ожидается, что прибавка урожая после проведения мероприятий по известкованию кислых почв в стоимостном эквиваленте составит более 150 млрд руб. Программа предусматривает существенную финансовую поддержку из федеральных, региональных, внебюджетных источников, составляющую 1.4 трлн рублей. При этом показатели окупаемости вкладываемых средств основываются на устаревшей нормативно-правовой базе, включая усредненные по административным районам данные сплошного агрохимического обследования. Недостаточное обоснование не может обеспечить гарантию получения ожидаемого результата повышения плодородия почв и экономического эффекта от вложенных средств. Очевидно, что планируемые Программой вложения средств должны обеспечивать конкурентоспособную маржинальность, что создается адресным использованием средств на основе детального почвенного обследования, агроэкологической оценки земель, современной цифровой нормативно-правовой базы, новых оптимизационных критериев оценки качества управленческих и технологических решений.

По современным представлениям выделяют агроэкологические и экономические критерии эффективности вложений.

Агроэкологические критерии сводятся главным образом к регулированию экологических функций почв, подлежащих, в соответствии с основным контекстом Программы, интенсификации активного сельскохозяйственного производства.

В части известкования существенных экологических ограничений при осуществлении Программы не существует.

Экономические критерии эффективности мероприятий известкования включают опцию максимизации урожаев, возделываемых культур и являются следствием конъюнктуры рынка. Другим вариантом является достижение наибольшей рентабельности от применения агрохимических средств, что позволяет наилучшим образом использовать ассортимент имеющегося ресурса мелиорантов. Этот подход особенно эффективен в условиях дефицита мелиоранта и высокой стоимости его применения.

Метод оптимизации средств химизации по критерию экономической рентабельности, в связи с его простотой и достаточно высокой информативностью, находит все более широкое практическое применение в агрохимии. Он достаточно хорошо освещен и апробирован в производстве ([Модель адаптивно-ландшафтного..., 2002](#)).

К сожалению, в практике известкования доминируют приемы, основанные на устаревших нормативных, балансовых методах расчета доз по результатам сплошного агрохимического обследования. Отсюда вытекают издержки и низкая рентабельность мероприятий по известкованию.

Целью работы является анализ фонда избыточно кислых пахотных почв РФ, его динамики за период 1990–2019 гг., а также исследование потенциала новой цифровой базы данных “Почвы сельскохозяйственных угодий РФ” для обоснования ранжирования кислых пахотных почв в целях определения очередности проведения известкования.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на основе новой цифровой базы почвенных данных “Почвы сельскохозяйственных угодий РФ” (БД ПСХР), которая разрабатывается ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”. Государственная регистрация БД ПСХР планируется в 2020 г. По мнению разработчиков, БД ПСХР должна обеспечивать сопровождение сельскохозяйственной деятельности на федеральном уровне. Задачи субъекта и муниципального образования должны решаться на основе детализации почвенных дан-

ных, обеспечивающих уровень проектных разработок. Двухуровневая по географическому масштабу и детализации организация почвенных данных предусмотрена статьей 72 Конституции РФ о совместном ведении РФ и субъектов РФ в отношении вопросов владения, пользования и распоряжения землей. В настоящее время разделение полномочий в отношении формирования и организации почвенных данных не проводится, что противоречит требованиям действующей Конституции РФ и продолжает унаследованные от СССР традиции не существующего в стране исключительно централизованного управления почвенными ресурсами. Научно-методологические основы нового современного двухуровневого обеспечения почвенными данными, включая взаимодействие между федеральными и субъект-муниципальными уровнями, должно строиться на принципе системной дополнителности, т. е., вводя детали параметров и (дополнительные) понятия на субъект-муниципальном уровне, совокупность всех почвенных данных обоих уровней должна обеспечивать воспроизведение целостности почвенного сопровождения решаемой задачи.

Геометрическая часть БД ПСХР включает 57 678 КЕКП.

Семантическая часть БД ПСХР содержит 10 000 типологических единиц качества почв (ТЕКП), которые, кроме разнообразных почвенных характеристик, содержат параметры природных условий сельскохозяйственного производства, данные национальных докладов и др. ([Государственный \(национальный\) доклад... 2020](#)). Кроме того, БД ПСХР также включает рассчитанные по рекомендованной Министерством Экономического Развития РФ методике ([Методические указания..., 2003](#)) показатели нормативной урожайности зерновых культур.

Для КЕКП БД ПСХР Владимирской области создана карта гидролитической кислотности почв (Нг). Для этих же КЕКП рассчитаны показатели и создана карта нормативной урожайности зерновых культур. Наложение перечисленных выше карт позволило построить карту комбинаций групп кислотности почв и классов нормативной урожайности зерновых, которые интерпретированы в целях определения очередности проведения мероприятий по известкованию почв.

Расчеты, анализ и визуализация отдельных тематических

слоев выполнены в среде QGIS.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Распространение кислых почв в пахотных угодьях РФ.

По данным IV тура обследований земель сельскохозяйственного назначения, проведенных институтами РосНИИземпроект, на 1 января 1990 г. в РФ площадь пахотных земель составляла 128 931.6 тыс. га (табл. 1). Выявленная площадь генетически кислых почв, включая слабо-, средне- и сильнокислые, была 36 240 тыс. га. По данным национального доклада (2016), на 1 января 2015 г. площадь пашни РФ уменьшилась до 115 093.1 тыс. га. Сократилась также и площадь “генетически кислых” почв до 33 800 тыс. га. В 2019 г. в РФ отмечено некоторое увеличение площади пахотных почв почти до 117 000 тыс. га. При этом также возросла площадь кислых почв до 35.1 млн га. Таким образом обнаруживается достаточно ясная зависимость – увеличение площади пахотных почв согласуется с увеличением площади кислых почв. Установленная закономерность упоминается и в других исследованиях (Лукин, 2012; Сычев, 2019). Несколько иная картина обнаруживается при анализе динамики относительной доли кислых почв в фонде пахотных земель страны (табл. 1). Из приведенных данных следует, что при разнонаправленном изменении площади пахотных почв доля кислых почв имеет устойчивую тенденцию к увеличению – 28, 29 и 30% в 1990, 2015 и 2019 гг. соответственно. При этом скорость увеличения доли кислых почв со временем возрастает по экспоненте. Так за 15-летний период (с 1990 по 2015 гг.) доля кислых почв увеличилась на 1%, в то время как за более короткий период (с 2015–2019 гг., т. е. за 4 года) увеличение доли кислых почв составило также 1%. Иными словами, как показывают наши данные, в первый период, до 2015 г., это увеличение происходило медленнее (1% за 15 лет), чем во второй период (1% за 4 года) (табл. 1). Среди причин, объясняющих рассмотренную динамику этого периода, следует отметить сокращение объемов известкования кислых почв и растянутое во времени замедляющееся восстановление кислотности мелиорированных почв. Во второй период времени, кроме восстановления кислотности почв, по-видимому, играет роль резко возрастающее вовлечение в

пашню кислых почв, залежей и перелогов. В итоге, по данным Минсельхоза Российской Федерации, на 1 января 2019 г., фонд пахотных почв с избыточно кислой реакцией почвенной среды, которая подлежит известкованию, составляет 35.1 млн га.

Таблица 1. Динамика площадей пашни и кислых почв сельскохозяйственных угодий РФ

Table 1. Area dynamics of arable lands and acid soils in the Russian Federation

Годы	Площадь пашни, млн га	Кислые почвы, млн га	Доля кислых почв, % площади пашни
1990	128.9	36.2	28
2015	115.1	33.8	29
2019	117.0	35.1	30

В 2019 г., по данным Минсельхоза Российской Федерации, регионами было произвестковано около 303.5 тыс. га пашни (менее 1% площади кислых почв), что на 11.5 тыс. га больше, чем годом ранее. Средняя стоимость затрат в 2019 г. на проведение известкования почв составляла 16 тыс. руб. на гектар. На Дальнем Востоке аналогичные затраты больше и равнялись 37.5 тыс. руб. В 2020-м году планируется произвести известкование на площади 1.1 млн га почв, а в 2021-м – 1.35 млн га (около 3% и 4% от площади кислых почв соответственно). Учитывая значительную стоимость проведения известкования кислых почв, даже при относительно небольшой площади работ затраты государства составят значительные суммы. Очевидно, что в условиях ограниченности ресурсов и больших затрат крайне важным становится обоснованный выбор приоритетных для известкования территорий, т. е. ранжирование территорий по очередности проведения мелиорации.

Ранжирование кислых почв в целях определения очередности проведения мероприятий по известкованию. В общем виде решение задачи по известкованию почв проходит в несколько этапов:

1. Определение потребности в известковании.
2. Определение доз вносимых мелиорантов.
3. Выделение земельных участков возделываемых культур.
4. Составление проекта на известкование.

Потребность почв в известковых материалах обосновывается, как правило, величинами потенциальной кислотности, как обменной, так и гидролитической (табл. 2).

Таблица 2. Группировка почв по величине pH солевой вытяжки и гидролитической кислотности (Нг) ([Чуян и др., 2019](#))

Table 2. Grouping of soils by pH value (KCl) and hydrolytic acidity ([Chuyan et al., 2019](#))

Класс почвы	Степень кислотности	pH солевой вытяжки	Нг гидролитическая кислотность	Потребность почв в известковании
I	Очень сильнокислая	4.0 и ниже	более 6.0	Очень сильная
II	Сильнокислая	4.1–4.5	5.1–6.0	Сильная
III	Среднекислая	4.6–5.0	4.1–5.0	Средняя
IV	Слабокислая	5.1–5.5	3.1–4.0	Слабая
V	Близкая к нейтральной	5.6–6.0	2.1–3.0	Очень слабая
VI	Нейтральная	6.0 и более	менее 2.0	Отсутствует

Установление очередности известкования почв связано со степенью их нуждаемости в этом мероприятии (табл. 2), которая часто также считается признаком вероятной эффективности действия извести. В этом случае предлагается известковать в первую очередь только почвы наиболее кислые с целью получения наибольшей экономической эффективности. Традиционные подходы рекомендуют учитывать для определения приоритетности

агроклиматические условия и другие факторы ([Чуян и др., 2019](#)). Вместе с тем исходными данными выступают средневзвешенные показатели кислотности почв для административного района, которые не имеют привязки к свойствам почв и структуре почвенного покрова ([Методические указания..., 2003](#)). Очевидно, что такое осреднение сглаживает внутрирайонное разнообразие почв, что снижает эффективность известкования. Другие недостатки данного подхода связаны с тем, что приоритетность четко обосновывается значением кислотности, в то время как рекомендации по учету других факторов, например, плодородия почв, неопределенны. Действительно, для кислотности есть четкие критерии выбора (табл. 2), при этом ясные нормативы учета “агроклиматических условий и других факторов” отсутствуют. Очевидно, что в таком подходе возникает серьезный риск ошибки выбора приоритета, что может привести к проведению известкования малоплодородных вариантов кислых почв. В результате проведенные мероприятия по известкованию будут менее эффективны.

Использование новой цифровой БД ПСХР позволяет решить задачу выбора приоритетности проведения известкования с учетом плодородия почв и особенностей структуры почвенного покрова пахотных земель. Применение такого подхода иллюстрируется на примере Владимирской области¹, которая является пилотной для адаптации БД ПСХР в целях почвенного сопровождения деятельности АПК (рис. 1).

Кислотность почв Владимирской области по значению Нг варьирует в пределах 3.0–3.8 мг-экв на 100 г почвы (рис. 2А). Отмеченное относительно небольшое колебание показателя Нг связано с ограниченным составом структуры почвенного покрова пахотных почв области, представленным генетически близкими пахотными дерново-подзолистыми и светло-серыми лесными почвами. Эти почвы объединяются в один отдел текстурно-дифференцированных почв.

¹ Аналогичный анализ может быть выполнен для всех почв сельскохозяйственных угодий муниципальных образований и субъектов РФ.

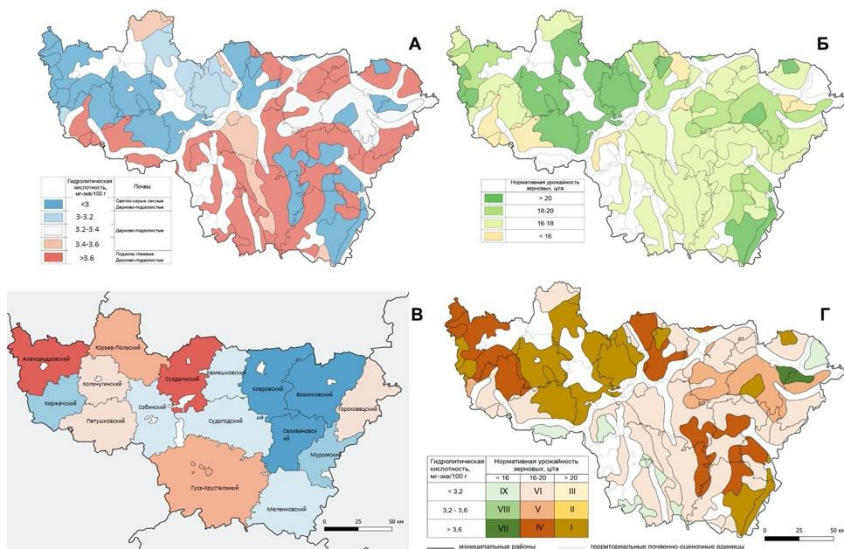


Рис. 1. Ранжирование пахотных кислых почв сельскохозяйственных угодий Владимирской области по приоритетности проведения известкования: **А)** визуализация тематического слоя БД ПСХР, гидролитическая кислотность почв (мг-экв на 100 г); **Б)** визуализация тематического слоя БД ПСХР, нормативная урожайность зерновых культур (ц/га); **В)** картограмма гидролитической кислотности (из отчета агрохимслужбы Владимирской области, 2019) и визуализация тематического слоя БД ПСХР муниципальные образования РФ; **Г)** визуализация наложения тематических слоев БД ПСХР **А** и **Б** для генерации тематического слоя **Г**, очередность для проведения мероприятий по известкованию (от I очереди до IX очереди).

Fig. 1. Ranking of acid soils of agricultural lands in Vladimir region by priority of liming: **A)** visualization of the thematic layer hydrolytic soil acidity (meq/100 g) of DB ALR; **Б)** visualization of the thematic layer the standard yield of grain crops (centner/ha) of DB ALR; **В)** cartogram of hydrolytic acidity (taken from the report of the agrochemical service of Vladimir region, 2019) and visualization of DB ALR thematic layer of municipalities of the Russian Federation; **Г)** visualization of the overlaying of both DB ALR thematic layers – **А** and **Б** – for the generation of thematic layer **Г**, ranking by priority of liming (from the I rank to the IX one).

Ареалы пахотных почв с относительно повышенным значением Нг показаны темно-синим цветом (рис. 1А). Из рисунка видно, что рассматриваемые почвы встречаются в разных районах Владимирской области, где занимают различную площадь. Аналогичная картина пространственного размещения отмечается и для всех других ареалов кислых почв пашни области. Хозяйственно важной особенностью пространственного распространения кислых пахотных почв является также контрастность компонентов структуры почвенного покрова. Переходы между соседними почвами с разной кислотностью контрастные, т. е. почвы с наименьшими значениями Нг часто соседствуют с почвами, имеющими наибольшие значения Нг. Отмеченная мозаичность картины размещения Нг связана с пространственной неоднородностью почвообразующих пород, т. е. имеет литологическую природу. Очевидно, что в случае порайонного осреднения значений Нг (рис. 1В) выявленные особенности структуры почвенного покрова пахотных почв не будут учтены при проведении мероприятий по известкованию. Почвы с разной литологической основой получат одинаковые объемы мелиоранта, что не позволит эффективно улучшить кислотный фон пахотных почв. Иными словами, эффективность мероприятий по известкованию будет снижена.

Картограмма гидролитической кислотности (рис. 1В), составленная агрохимической службой Владимирской области методом среднего значения по району ([Методические указания..., 2003](#)), имеет рисунок, повторяющий границы муниципальных образований. Представленные данные кислотности не отражают внутрирайонную дифференциацию почвенного покрова и размещение ареалов кислотности, как в случае с картой рис. 1А, т. е. не учитывают разнообразие почвенных условий. Также очевидно, что основания для решения о проведении известкования в случае использования картограммы рис. 1В предоставляются в осредненном виде, что существенно увеличивает вероятность принятия ошибочного решения по определению очередности проведения известкования. Следует подчеркнуть, что рассмотренный случай с использованием осредненных данных кислотности соответствует картине обоснования принятия решений по известкованию в Государственной программе ([Проект..., 2020](#)).

Качество почв Владимирской области оценивалось по показателю нормативной урожайности зерновых культур (рис. 1Б), как принято в экономической оценке земель сельскохозяйственного назначения ([Методические указания..., 2003](#); [Сапожников, Носов, 2012](#)). Как отмечалось выше, данные нормативной урожайности зерновых культур являются частью БД ПСХР и определяются по формуле:

$$U_n = 33,2 \times 1,4 \times \frac{АП}{10} \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4, \text{ где} \quad [1]$$

U_n – нормативная урожайность зерновых культур, ц/га;

$АП$ – величина местного агроклиматического потенциала для зерновых культур;

10.0 – базовое значение величины $АП$;

33.2 – нормативная урожайность (ц/га) зерновых культур на эталонной почве, полученная при применении среднего уровня зональных технологий при базовом значении $АП$ (10.0);

1.4 – коэффициент пересчета на уровень урожайности при интенсивной технологии возделывания;

$K_1...K_4$ – поправочные коэффициенты на показатели качества почв:

K_1 – содержание гумуса в пахотном слое;

K_2 – мощность гумусового горизонта;

K_3 – содержание физической глины в пахотном слое;

K_4 – негативные свойства почв.

Модель [1] рассчитывает нормативную урожайность зерновых культур относительно таковой эталонной почвы. В качестве последней выбран чернозем, сформированный на лёссе с содержанием гумуса 4% в пахотном слое, имеющий гумусовый горизонт мощностью 50 см и содержание физической глины 50%. Почвообразующий лёсс обладает оптимальными тепловыми и водно-физическими свойствами (водопроницаемость 0.1–1.0 м/сут.) и хорошим внутренним дренажом. Эталонный чернозем не имеет негативных свойств, таких как эродированность, избыточное увлажнение, уплотнение, засоление и др.

Подчеркнем, что перечень индикаторов качества почв модели [1] не включает показатели почв, обладающие высокой про-

пространственной вариабельностью в пределах отдельных производственных участков и поддающиеся относительно простому регулированию, такие показатели как содержание элементов питания растений, кислотность, состав поглощенных катионов и пр. в перечень индикаторов качества почв не включены. Это исключает “двойной” учет кислотности почв, проведенный выше (рис. 1А).

Величина нормативной урожайности зерновых для почв Владимирской области изменяется в диапазоне от 10 до 26 ц/га (рис. 1Б). Нормативная урожайность отражает средний уровень экстенсивных и нормативных технологий производства. При интенсификации агротехнологий актуальная урожайность зерновых культур достигает 50 и более ц/га, особенно на серых лесных почвах Владимирского Ополя. Отмеченный выше значительный диапазон величин нормативной урожайности зерновых культур определяется неоднородностью агроклиматических условий, разнообразием свойств почв, включая гранулометрический состав, оглеение, а также различиями рельефа, уровнем залегания грунтовых вод, литологическим строением почвообразующих пород и др. Максимальная величина урожайности зерновых культур (темно-зеленый цвет) отмечается в Александровском, Юрьев-польском, Кольчугинском и Суздальском районах и превышает 20–26 ц/га. В других районах картина пространственного размещения нормативной урожайности зерновых культур достаточно мозаична, как и в случае с Нг.

Вместе с тем контрастность граничащих полигонов почв с разной нормативной урожайностью (рис. 1Б) выражена меньше и изменение нормативной урожайности в соседних контурах почв сглажено. Отмеченная слабая контрастность пространственной дифференциации нормативной урожайности определяется постепенным градиентом агроклиматических условий, который во многом контролирует нормативную урожайность сельскохозяйственных культур.

Наложение слоев Нг (рис. 1А) и нормативной урожайности зерновых культур (рис. 1Б) создает пространственную картину пересечения двух отмеченных показателей, которая рекомендуется в качестве основания для определения очередности проведения известкования кислых пахотных почв (рис. 1Г). Интересно, что

полученная в результате пересечения картина (рис. 1Г) эмерджентна по отношению к исходным рисункам, т. е. не повторяет рис. 1А и рис. 1Б. С позиции теории систем, картина очередности проведения известкования – это некоторое новое свойство агроэкосистемы, которое не присутствует в исходных отдельных данных или их сумме, но является результатом их взаимодействия, демонстрируя так называемый “системный эффект”. Сам по себе факт проявления системности иллюстрирует, что созданная БД ПСХР интегрирует логически связанные формальные описания и представляет собой систему присущих сельскохозяйственным почвам показателей. В итоге обнаруживается, что почвы с одинаковым значением величины N_g могут иметь существенно разную нормативную урожайность. Так в Александровском и Кольчугинском районах, где почвы имеют близкие значения N_g , нормативная урожайность зерновых культур различна – 10–16 ц/га и 20–26 ц/га соответственно.

По приоритетности (очередности) проведения известкования во Владимирской области выделено 9 категорий, которые включают условное разделение территории по трем классам нормативной урожайности и трем группам гидролитической кислотности (рис. 1Г). Выделение по три градации отмеченных выше категорий сделано в целях упрощения и улучшения читаемости рисунка. На практике количество градаций категорий может быть иным в зависимости от количества классов нормативной урожайности и групп кислотности. Необходимо отметить, что число градаций категорий определяет степень дробности территории по приоритетности известкования, т. е. позволяет оптимизировать площадь известкования, увязав ее с доступными ресурсами для проведения мероприятия. Возможность такой оптимизации особенно важна в условиях ограниченных ресурсов. Принципиальным является то, что категории приоритетности дифференцируются не только по кислотности почв, но и их плодородию, оцененному по величине нормативной урожайности зерновых культур. Также важно отметить, что приведенный пример Владимирской области демонстрирует возможность применения БД ПСХР для всей территории сельскохозяйственных земель РФ, т. е. БД

ПСХР может служить основой для планирования ежегодных объемов работ по известкованию на федеральном уровне.

Необходимо отметить, что разработка деталей проекта по известкованию, согласно конституционному требованию разделения полномочий совместного ведения, является компетенцией субъектов и муниципальных образований и в настоящей статье не рассматривается. Очевидно, что конкретные мероприятия на отдельном производственном участке (поле) относятся к компетенции региональных институтов и в масштабе федерального уровня излишне детальны. Вместе с тем на рисунке 1 показано, что БД ПСХР дает возможность принимать более обоснованные решения по распределению федеральных субсидий по субъектам федерации с учетом региональной эффективности вложений. Последнее можно рассматривать в числе существенных дополнительных плюсов обсуждаемого подхода в определении очередности проведения известкования.

Как показано на рисунке 1, практически все районы Владимирской области представляются неоднородными по разнообразию участков кислых пахотных почв, нормативной урожайности зерновых культур и очередности проведения мероприятий известкования. Такое разнообразие категорий очередности должно учитываться, если иметь в виду значительную стоимость выполнения работ и возможное снижение экономической эффективности их проведения в случае ошибки выбора приоритета.

Рассмотрим экономическую эффективность проведения известкования во Владимирской области на основе традиционных обобщенных средних показателей. Так, по данным министерства сельского хозяйства Владимирской области, средняя прибавка урожая зерновых от известкования кислой почвы (серые лесные и черноземные) в 2019 г. составляет около 2 ц/га при средней стоимости известкования около 4 833 руб. на га. Средняя стоимость пшеницы (3-го, 4-го, 5-го классов) в Центральном Федеральном Округе, по данным Минсельхоза РФ, на конец 2019 г. составила около 10 500 руб. за тонну ([Агровестник](#)) или 2 100 руб. за 2 ц. Таким образом, расчеты показывают, что средняя окупаемость известкования во Владимирской области составляет ($4\ 833 / 2\ 100 = 2.3$), т. е. почти 2–3 года.

Как будет выглядеть эффективность известкования на основе предлагаемого метода использования БД ПСХР? По нашим подсчетам, отмеченный выше средний прирост урожая составляет около 15% величины нормативной урожайности во Владимирской области.

Так в Александровском районе прибавка урожая зерновых (15%) от известкования на кислых пахотных почвах с низкой нормативной урожайностью (10–16 ц/га) составит около 2.0 ц/га при среднем значении нормативной урожайности 13 ц/га. На аналогичных по кислотности пахотных почвах Кольчугинского района с высокой нормативной урожайностью (20–26 ц/га) прибавка урожая в единицах нормативной урожайности будет более 3.5 ц/га при среднем значении нормативной урожайности 23 ц/га. Иными словами, предложенный подход определения очередности известкования позволяет выбрать первоочередным Кольчугинский район, что даст возможность получить около 1.5 ц/га зерна дополнительно с гектара мелиорированных почв. В стоимостном выражении эта разница составит около 1 600 руб. с мелиорированного гектара. Соответственно сократится время окупаемости мероприятий по известкованию с 2–3 до 1–2 лет (во втором случае $4\ 833 / 3\ 700 = 1.3$).

Таким образом, подсчеты показывают, что рассмотренный выше подход определения очередности проведения мероприятий по известкованию позволит более рационально подойти к выполнению Государственной программы повышения плодородия почв и будет способствовать повышению экономической эффективности вложений в проведение известкования кислых почв. Так срок окупаемости вложений сократится почти в 1.8 раза.

ВЫВОДЫ

1. Доля кислых почв в пахотном фонде РФ за период с 1990 по 2019 гг. увеличилась на 2% и составила 35.1 млн га или 30% пахотного фонда страны. При этом увеличение доли кислых почв происходит по экспоненте, что связано с резким увеличением возврата в сельскохозяйственный оборот кислых залежных земель в последние 4 года на фоне постепенного восстановления генетической кислотности пахотных почв в условиях резкого сокращения

объемов известкования в стране начиная с 90-х годов прошлого века.

2. Показана перспективность использования новой цифровой базы данных “Почвы сельскохозяйственных угодий РФ” (БД ПСХР) для выбора регионов первоочередного проведения мероприятий по известкованию в целях повышения эффективности “Государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации на 2021–2030 гг.”

3. На примере Владимирской области показано, что новый подход к определению приоритетности (очередности) территорий, подлежащих известкованию, позволяет в 1.8 раза сократить срок окупаемости мероприятий по известкованию, что будет способствовать выполнению Государственной программы повышения плодородия почв и отвечает государственному требованию повышения эффективности вложений.

4. Опыт использования цифровой БД ПСХР обнаруживает, что последняя представляет собой логически связанные формальные описания, интегрированные в систему почвенно-экологических показателей, присущих сельскохозяйственным землям. В итоге очередность проведения известкования – это некоторое новое свойство агроэкосистемы, которое не присутствует в исходных отдельных данных или их сумме, но является результатом их взаимодействия, демонстрируя так называемый “системный эффект”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О ситуации на рынке зерна с 16–20 декабря 2019 г. (Минсельхоз РФ) // *Агровестник*. URL: <https://agrovesti.net/lib/industries/cereals/o-situatsii-na-rynke-zerna-s-16-20-dekabrya-2019-g.html>.
2. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2019 году. URL: <https://rosreestr.ru/site/activity/sostoyanie-zemel-rossii/gosudarstvennyy-natsionalnyy-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-v-rossiyskoy-federatsii/>.
3. Лукин С.В., Цыгуткин А.С., Блинникова В.Д., Кауфман А.Л. Агроэкологическая оценка кислотности почв Центрального Черноземья

и необходимость проведения химической мелиорации при возделывании белого люпина // Плодородие. 2012. № 6 (69). С. 38–40.

4. Приказ Министерства экономического развития РФ от 12 мая 2017 г. N 226 “Об утверждении методических указаний о государственной кадастровой оценке” (с изменениями и дополнениями). URL: <http://base.garant.ru/71686152/#ixzz6WPvL2MHF>.

5. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М.: ФГНУ “Росинформагротех”, 2003. 240 с.

6. Модель адаптивно-ландшафтного земледелия Владимирского ополья / Под ред. В.И. Кирюшина и А.Л. Иванова. М.: “Агроконсалт”, 2004. 456 с.

7. Приказ Минсельхоза России от 11.02.2020 N 57 “О внесении изменений в приказ Минсельхоза России от 21 марта 2018 г. N 119 “Об утверждении модели ранжирования проектов (программ) и ведомственных целевых программ с учетом оценки достижения целей Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы”. URL: <http://mcx.ru/upload/iblock/2d9/2d9ad7c2c7356ff94e5467f225d0efd7.pdf>.

8. Проект “Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации на 2021–2030 гг.” 2020. URL: <http://viapi.ru/news/detail.php?ID=228301>.

9. Сапожников П.М., Носов С.И. Государственная кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации. М.: ООО “НИПКЦ ВОСХОД–А”, 2012. 160 с.

10. Сычев В.Г. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования. М.: РАН, 2019. 328 с.

11. Чуян О.Г., Дубовик Д.В., Масютенко Н.П., Лазарев В.И. Научно-практические рекомендации по известкованию почв в Курской области. Курск: ФГБНУ “Курский федеральный аграрный научный центр”, Комитет АПК Курской области, 2019. 30 с.

REFERENCES

1. O situatsii na rynke zerna s 16–20 dekabrya 2019 g. (Minsel'khoz RF) (bout the situation on the grain market from December 16–20, 2019 (Ministry of Agriculture of the Russian Federation)), *Agrovestnik*, URL: <https://agrovesti.net/lib/industries/cereals/o-situatsii-na-rynke-zerna-s-16-20-dekabrya-2019-g.html>.

2. State (national) report on the state and use of land in the Russian Federation in 2019. URL: <https://rosreestr.ru/site/activity/sostoyanie-zemel-rossii/gosudarstvennyy-natsionalnyy-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-v-rossiyskoy-federatsii/>.
3. Lukin S.V., Tsygutkin A.S., Blinnikova V.D., Kaufman A.L., Agroekologicheskaya otsenka kislotnosti pochv Tsentral'nogo Chernozem'ya i neobkhodimost' provedeniya khimicheskoi melioratsii pri vozdeleyvanii belogo lyupina (Agroecological assessment of the acidity of soils in the Central Chernozem Region and the need for chemical reclamation in the cultivation of white lupine), *Plodorodie*, 2012, No. 6 (69), pp. 38–40.
4. Order of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation of May 12, 2017 No. 226 “On the approval of guidelines on state cadastral valuation” (with amendments and additions), URL: <http://base.garant.ru/71686152/#ixzz6WPvL2MHF>.
5. *Methodological guidelines for the comprehensive monitoring of soil fertility of agricultural lands*, Moscow: FGNU “Rosinformagrotech”, 2003, 240 p.
6. Kiryushin V.I., Ivanov A.L. (Eds), *Model' adaptivno-landshaftnogo zemledeliya Vladimirskogo opol'ya* (Model of adaptive landscape agriculture of Vladimir opolye), Moscow: “Agroconsult”, 2004, 456 p.
7. Order of the Ministry of Agriculture of Russia of 11.02.2020 No. 57 “On Amending the Order of the Ministry of Agriculture of Russia of March 21, 2018 No. 119 “On the approval of a model for ranking projects (programs) and departmental target programs, taking into account the assessment of the achievement of the goals of the State Program for the Development of Agriculture and regulation of markets for agricultural products, raw materials and food for 2013–2020”. URL: <http://mcx.ru/upload/iblock/2d9/2d9ad7c2c7356ff94e5467f225d0efd7.pdf>.
8. The project “State program for the effective involvement of agricultural land in use and the development of the reclamation complex of the Russian Federation for 2021–2030.” 2020. URL: <http://viapi.ru/news/detail.php?ID=228301>.
9. Sapozhnikov P.M., Nosov S.I., *Gosudarstvennaia kadaastrovaya otsenka zemel' selskokhoziastvennogo naznatcheniya* (State cadastral evaluation of agricultural land in Russian Federation). Moscow: LLC “NIPKC VOSHOD-A”, 2012, 160 p.
10. Sychev V.G., *Sovremennoe sostoyanie plodorodiya pochv i osnovnye aspekty ego regulirovaniya* (The current state of soil fertility and the main aspects of its regulation), Moscow: RAN, 2019, 328 p.
11. Chuyan O.G., Dubovik D.V., Masyutenko N.P., Lazarev V.I., *Nauchno-prakticheskie rekomendatsii po izvestkovaniyu pochv v Kurskoi oblasti*

Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2020. Вып. 103.
Dokuchaev Soil Bulletin, 2020, 103

(Scientific and practical recommendations for liming soils in the Kursk region), Kursk: FGBNU “Kurskii federal'nyi agrarnyi nauchnyi tsentr”, Komitet APK Kurskoi oblasti, 2019, 30 p.