

## **ДИНАМИКА РЕАКЦИИ СРЕДЫ ПАХОТНЫХ ПОЧВ И ПРОБЛЕМЫ ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОЛЯХ**

**Анциферова О.А.**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент,

**Чен П.А.**

*ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический  
университет», г. Калининград, Россия*

Основным агрохимическим фактором, лимитирующим урожайность сельскохозяйственных культур в условиях гумидного климата Калининградской области, является кислотность осушенных почв. По данным ФГБУ «ЦАС «Калининградский» в среднем с одного гектара пашни в области вымывается 500-600 кг кальция в пересчете на  $\text{CaCO}_3$ . Для компенсации этих потерь необходимо вносить ежегодно по области около 180 тыс. т известковых материалов [1]. Кроме этого, требуется известкование кислых почв по расчетным дозам.

За советский период было достигнуто максимальное снижение доли кислых почв на сельскохозяйственных угодьях за счет систематического известкования. Однако с распадом СССР ситуация резко ухудшилась. Если за 1986-1990 гг. было внесено 539,4 тыс. т известковых материалов, то в период 1996-2000 гг. химическая мелиорация практически прекратилась. С 2005 г. известкование почв возобновилось согласно принятой на региональном уровне целевой программе «Сохранение и восстановление плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения Калининградской области на 2006-2010 годы» (Закон Калининградской области от 07.12.2005 N 697). Однако темпы и объемы известкования

остаются крайне низкими в сравнении с требующимися для устранения кислотности почв.

К настоящему времени 41 % почв сельскохозяйственных угодий области требует известкования ( $pH_{КС1}$  менее 5,5 в слое 0-20 см) [2]. Лидерами по площадям кислых почв являются Багратионовский и Зеленоградский муниципальные округа, расположенные в пределах Самбийской и Вармийской холмисто-моренных гряд и возвышенностей. В этих районах много почв легкого гранулометрического состава, которые подкисляются наибольшими темпами в климатических условиях региона (0,03-0,05 ед. рН в год) [2, с. 57].

Вместе с тем основными культурами в составе посевных площадей Калининградской области являются пшеница, рапс, кукуруза, кормовые злаково-бобовые травы, которые требовательны к уровню реакции среды в пахотном горизонте и предпочитают близкие к нейтральным и нейтральные почвы для получения высоких урожаев.

Целью исследования явилось установление скорости подкисления почв и эффективности известкования на участке многолетнего мониторинга в условиях производственного поля в Зеленоградском муниципальном округе Калининградской области.

### **Объекты и методы исследований**

Исследование проведено в 2017-2021 гг. на пахотном угодье, почвенно-геоморфологические условия которого являются типичными для агроландшафтов Самбийской равнины. На вершинах и склонах холмов расположены окультуренные, в основном глееватые буроземы супесчаного и легкосуглинистого состава, сформировавшиеся на глубоко выщелоченных моренных валунных отложениях [3]. Понижения заняты дерново-глеевыми суглинистыми почвами на слоистых породах сложного генезиса (делювиальные, озерно-ледниковые, моренные). Все оглеенные почвы на поле осушаются сетью закрытого гончарного дренажа.

Для изучения направления и скорости изменения реакции среды в пахотном горизонте (0-20 см) был проведен ретроспективный анализ данных государственного агрохимического обследования (1992, 1997, 2008, 2015 гг.) и авторские обследования (2017, 2021 гг.) [4].

Свойства почв определяли по следующим методикам:  $pH_{KCl}$  - потенциометрически; обменная кислотность и подвижный алюминий титриметрическим методом по Соколову; гидролитическая кислотность – по Каппену [5]. Средневзвешенные значения агрохимических показателей рассчитывали по формуле, принятой в системе ЦАС [6].

### **Результаты и обсуждение**

Изученное поле включает 16 индивидуальных агрохимических контуров площадью от 5 до 11 га. Общая площадь обследования составила 126 га. Последнее в XX в. известкование было проведено в 1988 г., когда поле входило в состав совхоза «Перелесский». Затем несколько раз сменился землепользователь, однако угодье оставалось пашней. С начала XXI в. севооборот заменился чередованием экономически выгодных культур (в основном озимая пшеница и озимый рапс). Система удобрения полностью стала минеральной. Основным удобрением выступает аммонийная селитра ( $NH_4NO_3$ ), под рапс вносили также сульфат аммония  $(NH_4)_2SO_4$ . Длительное применение этих удобрений способно привести к подкислению почв в условиях невысокого содержания гумуса (2,0-2,4 %) в преобладающих на поле буроземах и низкой емкости катионного обмена вследствие легкого гранулометрического состава.

В результате анализа динамики  $pH_{KCl}$  (по материалам ЦАС) было выявлено значительное подкисление почв за 23 года (табл. 1). Скорость снижения средневзвешенного  $pH_{KCl}$  была максимальной при переходе от близкого к нейтральному (1992 г.) к слабокислому значению (1997 г.). Она составила -0,5 ед. pH, то есть в среднем на -0,1 ед. pH за год. В дальнейшем скорость подкисления значительно замедлилась и составляла -0,3 ед. pH за 11

лет (с 1997 по 2008) и -0,1 ед. рН за 7 последующих лет (2008-2015 г.). Таким образом, к 2015 г. средневзвешенный показатель рН находился в интервале среднекислых значений.

Таблица 1

Динамика рН<sub>KCl</sub> в пахотном горизонте пахотных почв с 1992 по 2015 гг. (по данным обследования ЦАС)

Показатели	Туры мониторинга			
	1992	1997	2008	2015
Средневзвешенное значение рН <sub>KCl</sub> на поле	5,6	5,1	4,9	4,8
Разброс значений рН <sub>KCl</sub> по индивидуальным контурам	4,6 – 6,4	4,4 – 6,1	4,5 – 5,5	4,5 – 5,4

Пространственной особенностью является неоднородность распределения значений рН<sub>KCl</sub> в пределах поля. Максимальный разброс по отдельным контурам наблюдался в 1997 г. (от сильнокислых до нейтральных значений). Холмистый рельеф, преобладание склоновых поверхностей различной крутизны, наличие геохимических барьеров способствуют интенсивному перераспределению вносимых удобрений и химических мелиорантов.

Одним из недостатков схемы агрохимического обследования является разбивка контуров на местности в форме геометрических фигур с прямыми сторонами. Поэтому каждый контур включает не один, а несколько почвенных ареалов. Реальные почвенные контура имеют естественные, как правило, извилистые границы. Решая задачу максимального приближения агрохимического отбора проб к границам почвенных контуров в 2017 г., нами проведено авторское обследование (табл. 2).

Таблица 2

## Агрохимическое состояние почв в 2017 г.

pH <sub>KCl</sub>	Обменный Al <sup>3+</sup> мг/100 г	Обменные Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> мг-экв	Гумус, %	Подвижные формы мг/кг	
				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Вершины холмов. Буроземы неоглеенные и глееватые					
4,5 (4,4–4,6)	1,2 (0,63–1,98)	6,3 (6,0–6,6)	2,2 (1,9–2,48)	115,3 (81,0– 177,0)	164,7 (150,0– 185,0)
Склоны. Буроземы глееватые					
4,5 (4,3–4,6)	1,7 (0,99–3,24)	7,8 (6,6–9,8)	2,4 (2,22– 2,53)	137,0 (69,0– 243,0)	167,2 (132,0– 185,0)
Понижения. Дерново-глеевые почвы					
4,7 (4,6–5,0)	1,1 (0,63–1,89)	14,1 (12,4–16,1)	5,8 (2,73– 7,79)	226,2 (100,0– 531,0)	181,6 (155,0– 247,0)

Все почвы были разбиты на три группы в зависимости от положения в рельефе. Таким образом, был учтен геохимический фактор в условиях холмистого рельефа поля. Результаты обследования показали, что средневзвешенный показатель pH<sub>KCl</sub> составляет 4,6, а наиболее кислые почвы приурочены к вершинам холмов и склонам, то есть элювиальным и трансэлювиальным геохимическим позициям, в которых интенсивно развивается выщелачивание. Таким образом, по сравнению с 2015 г. было выявлено увеличение кислотности пахотного горизонта на поле. Абсолютный разброс значений pH<sub>KCl</sub> составил 4,3–5,0. Отсутствовали контура со слабокислой реакцией среды (5,1–5,5). Все почвы на поле в сильной степени нуждались в известковании.

Анализ природы кислотности позволил установить содержание в почвах обменного алюминия, наиболее токсичного для сельскохозяйственных культур. Обменный водород преобладал над алюминием в 14,3 % случаев, алюминий над водородом в 71,4 %, равное содержание ионов наблюдалось в 14,3 %. Следовательно, природа

кислотности связана в основном с обменным алюминием [4]. Однако уровень содержания  $Al^{3+}$  не превышал 2 мг на 100 г. На поле был выявлен ареал супесчано-песчаного глееватого эродированного бурозема, отличающийся высоким содержанием обменного  $Al^{3+}$  (3,24 мг на 100 г.). При учете продуктивности озимой пшеницы именно на этой почве обнаружено снижение всех показателей структуры урожая на 63 % по сравнению со средней по склонам и вершинам. Высокие коэффициенты корреляции подтвердили, что из ионов, обуславливающих кислотность почв, лимитирует урожайность именно  $Al^{3+}$  (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между уровнем рН, обменным алюминием и показателями продуктивности озимой пшеницы

Показатели	Масса зерна, т/га	Высота растений, см	Длина колоса, см	Число колосков в колосе, шт.	Количество зерен, шт.
$pH_{KCl}$	0,34	0,51	0,59	0,58	0,52
Обменный $Al^{3+}$	-0,77	-0,75	-0,87	-0,83	-0,83

По итогам исследования в сельскохозяйственное предприятие было направлены рекомендации по известкованию для нейтрализации почвенной кислотности. Дозы извести варьировали от 6 до 11 т/га на разных контурах, в среднем 8 т/га (расчет по полной гидролитической кислотности). В 2020 г. почвы были произвесткованы. В качестве мелиоранта использован известняк «Факсе». Однако по экономическим соображениям и, исходя из того, что гранулометрический состав почв легкий, доза извести была уменьшена до 3,6 т/га. В 2021 г. нами было вновь проведено авторское обследование для выяснения сдвига рН в первый год после известкования (табл. 4). Средневзвешенное значение  $pH_{KCl}$  составило 5,1. Следовательно, общий сдвиг рН от известкования неполной дозой извести по сравнению с 2017 г.

составил +0,6 ед., что недостаточно для нейтрализации кислотности и доведения уровня рН до нормативного значения 5,5.

Таблица 4

Эффективность известкования почв неполной дозой извести

Показатели	Элемент рельефа и почвы		
	Вершины холмов. Буроземы неоглеенные и глееватые	Склоны. Буроземы глееватые	Понижения. Дерново- глеевые почвы
Средний рН <sub>KCl</sub> (ед.) в 2021 г.	5,1	5,1	4,8
Сдвиг по сравнению с 2017 г. (ед. рН)	+0,6	+0,6	+0,1
Разброс рН <sub>KCl</sub> по контурам	4,6 – 5,9	4,8 – 5,4	4,6 – 5,1

В целом по полю сдвиг рН после известкования примерно соответствовал региональным нормативам для легко- и среднесуглинистых почв при исходной среднекислой реакции среды [1, с. 297].

Однако на поле сохранилась (и даже усилилась) пестрота по уровню рН между почвенными контурами. Причинами этого являются:

- 1) исходная неоднородность, выявленная как в 2015, так и в 2017 гг.;
- 2) неравномерность распределения мелиоранта по полю и неблагоприятные почвенно-гидрологические условия: известкование было проведено 1 ноября, когда часть дерново-глеевых почв в понижениях находилась в состоянии сильного переувлажнения; это повлекло невозможность захода техники для химической мелиорации данных контуров, следовательно, они остались кислыми или были произвесткованы только по периферии.

Для устранения пестроты значений рН на поле рекомендуется применять дифференцированное внесение извести строго по агрохимической

картограмме. Расчетные дозы по полной гидролитической кислотности для контуров с кислыми почвами варьируют от 4 до 10 т/га.

### **Заключение**

На основании ретроспективного анализа динамики средневзвешенного уровня рН установлено, что наибольшая скорость подкисления почв наблюдается спустя 5-10 лет после известкования в условиях полевого севооборота с минеральной системой удобрения. Спустя 20 лет после прекращения известкования почвы переходят в категорию кислых, сильно нуждающихся в известковании.

Проблемой известкования на производственных полях является стремление снизить расчетную дозу извести по экономическим соображениям. Исследование показало, что нецелесообразно уменьшать полную дозу извести на кислых почвах супесчаного и легкосуглинистого гранулометрического состава в условиях западной части Калининградской области.

Известкование неполной дозой поздней осенью в условиях холмистого рельефа является малоэффективным, так как не достигается нейтрализация кислотности до нормативного уровня, а часть переувлажненных почв недоступна для захода техники.

Требуется дифференцированное известкование в зависимости от конкретного уровня рН на почвенном контуре. Это позволит значительно уменьшить пестроту и выровнять агрохимический фон полей, снизить риски снижения урожайности от кислотности.

### **Список литературы**

1. Удобрение, технологии и урожай. Справочник агронома по химизации земледелия / В.И. Панасин, Л.М. Григорович, Т.А. Шогенов и др. – Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2018. – 315 с.

2. Панасин В.И., Депутатов К.В., Вихман М.И. Почвы Калининградской области и их агрохимические свойства. Калининград: Изд-во БФУ им. Канта, 2020. – 240 с.

3. Анциферова О.А. Гидрологический режим буроземов в агроландшафтах Самбийской равнины (Калининградская область) // Почвоведение, 2022. №6. С. 713-727. DOI: 10.31857/S0032180X22060028.

4. Анциферова О.А., Самарина Е.Д. Продуктивность озимой пшеницы на фоне лимитирующих почвенных факторов // Известия КГТУ. – 2018. – № 49. – С.172-183.

5. Воробьева Л.А. Химический анализ почв. – Москва: Изд-во МГУ, 1998. – 272 с.

6. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / Под ред. Л.М. Державина, Д.С. Булгакова. – Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 240 с.

*Дата поступления рукописи в редакцию: 15.08.2022 г.  
Дата подписания в печать: 02.09.2022 г.*