

EDN: VDVJBY

DOI: 10.22314/2073-7599-2025-19-4-35-41



Научная статья

УДК 631.816.31



Известкование почв – путь к повышению эффективности растениеводства

Николай Васильевич Алдошин,
доктор технических наук, профессор,
e-mail: naldoshin@yandex.ru;

Андрей Сергеевич Золотарев,
младший научный сотрудник,
e-mail: zl200@yandex.ru;

Сергей Андреевич Квас,
младший научный сотрудник,
e-mail: kvas.sergo@yandex.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. Отмечено, что в России около 25,5 миллиона гектаров пахотных земель характеризуется повышенной кислотностью (рН менее 5,5), что приводит к снижению до 30 процентов урожайности основных культур и значительному падению эффективности применения минеральных удобрений. (*Цель исследования*) Поиск возможных путей раскисления почв и технического решения данной проблемы. (*Материалы и методы*) Проанализированы результаты эксперимента с доломитовой мукой грубого помола на черноземных суглинистых почвах, показавшие эффективность метода в нейтрализации кислотности. Исследуются биохимические процессы при внесении известковых материалов и их влияние на структуру почвы. (*Результаты и обсуждение*) Известкование – ключевой метод понижения кислотности почвы и создания оптимальных условий для жизнедеятельности микроорганизмов, что способствует более рациональному использованию минеральных удобрений. Кроме того, известкование формирует геохимический барьер, который предотвращает вымывание подвижных элементов из почвы и сокращает вынос биогенов в водоемы. Одним из наиболее перспективных вариантов внесения известковых мелиорантов на данный момент являются универсальные полуприцепы, которые могут оборудоваться дисками разбрасывателями. (*Выводы*) Известкование почв повышает эффективность использования минеральных удобрений, создает оптимальные условия для жизнедеятельности почвенных микроорганизмов. Также в 1,4-2,7 раза повышается эффективность использования азотистых удобрений, а коэффициент использования фосфорных удобрений возрастает на 10-15 процентов. Доломитовая мука грубого помола эффективно снижает кислотность почвы. Для раскисления почвы от среднекислой до слабокислой (рН_{KCl} 5,3-5,6) необходимо вносить известковые материалы в дозах 4 тонны на гектар.

Ключевые слова: почва, кислотность, известкование, мелиоранты, минеральные удобрения, сидераты.

■ **Для цитирования:** Алдошин Н.В., Золотарев А.С., Квас С.А. Известкование почв – путь к повышению эффективности растениеводства // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2025. Т. 19. N4. С. 35-41. DOI: 10.22314/2073-7599-2025-19-4-35-41. EDN: VDVJBY.

Scientific article

Soil Liming as a Way to Increase Crop Production Efficiency

Nikolay V. Aldoshin,
Dr.Sc.(Eng.), professor,
e-mail: naldoshin@yandex.ru;

Andrey S. Zolotarev,
junior researcher,
e-mail: zl200@yandex.ru;

Sergey A. Kvas,
junior researcher,
e-mail: kvas.sergo@yandex.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. Approximately 25.5 million hectares of arable land in Russia are characterized by high acidity (pH below 5.5), which leads to up to a 30 percent reduction in the yield of major crops and a significant decline in the efficiency of mineral fertilizers. (*Research purpose*) To identify effective approaches for reducing soil acidity and to develop technical solutions for their practical implementation. (*Materials and methods*) The study analyzed the results of an experiment involving the application of coarsely ground dolomite flour to loamy chernozem soils, which demonstrated the effectiveness of this method in neutralizing soil acidity.

The biochemical processes induced by liming materials and their influence on soil structure were also examined. (*Results and discussion*) Liming is a key method for reducing soil acidity, as it creates optimal conditions for microbial activity and enhances the efficiency of mineral fertilizer use. Moreover, it forms a geochemical barrier that prevents the leaching of mobile elements from the soil and helps reduce nutrient runoff into nearby water bodies. One of the most promising current approaches to applying lime-based soil ameliorants is the use of universal semi-trailers equipped with disc spreaders. (*Conclusions*) Liming increases the efficiency of mineral fertilizer use and creates favorable conditions for soil microbial activity. The efficiency of nitrogen fertilizer utilization increases by 1.4 to 2.7 times, while the uptake of phosphorus fertilizers improves by 10-15%. Coarsely ground dolomite flour has proven effective in reducing soil acidity. To deacidify the soil from moderately acidic to slightly acidic conditions (pHKCl 5.3-5.6), lime materials should be applied at a rate of 4 tons per hectare.

Keywords: soil, acidity, liming, ameliorants, mineral fertilizers, green manure crops, siderates..

For citation: Aldoshin N.V., Zolotarev A.S., Kvas S.A. Soil liming as a way to increase crop production efficiency. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2025. Vol. 19. N4. 35-41 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2025-19-4-35-41. EDN: VDVJBY.

В России в период с 1990-х годов произошло резкое сокращение земельных площадей сельскохозяйственного назначения, в том числе пахотных. Сокращение площади земель, занятых посевами зерновых растений, по данным Росстата, продолжалось до 2010 г., территория посевных угодий уменьшилась на 30% (рис. 1).

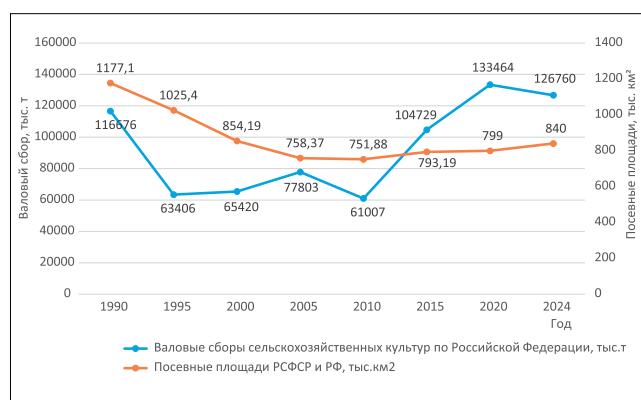


Рис. 1. Производство сельскохозяйственных культур относительно посевных площадей

Fig. 1. Crop yield relative to sown area

С 2010 г. началось постепенное восстановление посевных угодий путем повторной разработки отчужденных ранее площадей. Аграрии стремятся увеличить урожайность, выпускать больше продовольствия и обеспечить им растущее население с меньшего количества земельных ресурсов. Добиться этого можно только путем существенного увеличения показателей урожайности и улучшения качества выращиваемой продукции.

Среди причин, которые препятствуют наращиванию объемов продукции растениеводства в районах с интенсивным земледелием, можно выделить две ключевые проблемы: изменение кислотности почвы и нарушение баланса питательных веществ в растениях [1]. На урожайность зерновых и бобовых культур влияют также обеспеченность пита-

тельными веществами, состояние почвы и многие другие факторы. По нашему мнению, кислотность почвы на данный момент является наиболее актуальной проблемой, так как для ее решения нет системного подхода (Осипов А.И. Известкование кислых почв в историческом аспекте. Агрофизика от А.Ф. Иоффе до наших дней. СПб.: АФИ, 2002. С. 275-289).

Ввиду резкого сокращения посевных площадей интенсификация производства сельскохозяйственной продукции проводилась путем увеличения применения минеральных удобрений с 15,2 до 32,2 млн т в действующем веществе и средств защиты растений. Тем временем внесение органических удобрений сократилось в 5 раз, а известковых материалов в 7-8 раз. Данные меры позволили восстановить и увеличить валовый объем производства зернобобовых культур. Повысился объем производства продукции растениеводства, ее общий валовый сбор превзошел показатели 1990 г. (таблица).

Таблица		Table
ВНЕСЕНИЕ В СРЕДНЕМ В ГОД, МЛН Т В ФИЗИЧЕСКОЙ МАССЕ		AVERAGE ANNUAL APPLICATION, MILLION TONS, BY PHYSICAL WEIGHT
Период	Известковые материалы	Органические удобрения
1990-1995 гг.	16,0	260,0
1996-2000 гг.	2,0	80,2
2001-2005 гг.	2,5	56,8
2006-2010 гг.	2,1	42,8
2011-2015 гг.	2,1	58,0
2016-2020 гг.	2,3	69,0
2020-2024 гг.	2,3	71,3

В сельскохозяйственных предприятиях в 2024 г. внесение минеральных удобрений достигло максимума – свыше 3,607 млн т, на 4% больше, чем годом ранее, и в 2,6 раза больше, чем в 2000 г. Удельное внесение минеральных удобрений составило 43 кг/га. Однако опыт европейских стран, например Германии, показывает, что внесение минераль-

ных удобрений в среднем 116 кг/га не приводит к деградации почвенного ресурса, так как известкование почвы и операции по снижению уровня кислотности проводятся на постоянной основе. Это позволяет эффективно использовать удобрения, предотвращая деградацию почвы. В публикациях А.В. Литвиновича приводятся сведения о применении мергеля для известкования еще в 12-м веке [3].

Увеличение объемов использования средств защиты растений и минеральных удобрений создает проблему в отношении кислотного состава почвы. В России около 25,5 млн га пахотных земель характеризуется повышенной кислотностью, когда pH менее 5,5. При $\text{pH} < 6$ урожайность основных культур снижается до 30%. Эффективность внесения азотных удобрений падает на 15-60%, фосфорных – 18-70%, калийных – 20-60% в зависимости от исходной кислотности [4]. Ситуация осложняется снижением внесения фосфорных удобрений с 71 кг/га действующего вещества в 1990 г. до 34,5 кг/га в 2024 г. Статистика по калийным удобрениям аналогичная: их внесение снизилось с 63,2 до 24,7 кг действующего вещества на 1 га. При сравнительно больших объемах внесения азотных удобрений доля фосфорных и калийных сократилась в несколько раз. Повышение кислотности в совокупности со снижением эффективности самих удобрений крайне негативно сказывается на урожайности [5].

На данный момент кислотность почв Черноземной зоны составляет менее 6 ед. pH, что не характерно для этого типа почв. По данным Министерства сельского хозяйства и Центра агрохимической службы «Белгородский», в областях Центрально-Черноземной зоны pH ниже 6. Так, в Липецкой области большая часть пахотных земель на данный момент относятся к среднекислым [6, 7]. Например, кислотность пашни (ед. pH) в Липецкой области изменялась следующим образом: 1990 г. – 6,1; 1995 г. – 6,0; 2000 г. – 5,8; 2005 г. – 5,7; 2010 г. – 5,5; 2015 г. – 5,5; 2020 г. – 5,4; 2024 г. – 5,4.

Цель исследования. Поиск возможных путей раскисления почв и технического решения данной проблемы.

Материалы и методы. Главными причинами подкисления почвы являются два аспекта:

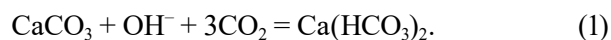
- естественный ход почвообразовательного процесса и климатические процессы: кислые материнские породы, на которых формировалась почва, переувлажнение, состав растительности, деятельность микроорганизмов, корневые выделения, природное выщелачивание;
- антропогенный: избыточное или нерациональное внесение физиологически кислых минеральных удобрений, особенно если они поступают в почву систематически и с нарушением баланса питательных веществ; выщелачивание неусвоенных

нитратов; интенсивная обработка почвы, приводящая к разрушению ее структуры.

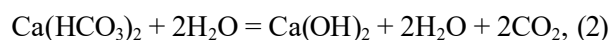
Кислотность почвы при уровне pH в пахотном слое меньше 5,5 считается избыточной. Чтобы решить эту проблему, нужно вывести ионы водорода и алюминия из почвенного поглощающего комплекса (ППК). Для этого используют вещества, богатые кальцием и магнием, самые популярные из них – известняковая и доломитовая мука.

В Меньковском филиале Агрофизического института исследовалось влияние доломитовой муки грубого помола на свойства черноземной суглинистой почвы и урожайность. В рамках эксперимента применяли доломитовую муку с размером частиц менее 10 мм в дозах 3,2 и 6,4 т/га. Испытания проводили как без дополнительного фона, так и на фоне применения 5 т/га компоста многоцелевого назначения (КМН). Компост представляет собой смесь куриного помета и верхового торфа в пропорции 1:1 после ее ускоренной ферментации при температуре 80 °C в течение недели. КМН представляет собой однородную сыпучую массу темно-коричневого цвета с влажностью 60-70% и pH_{KCl} в пределах 6,9-7,2. Массовая доля общего азота составляла 1,7%, фосфора (P_2O_5) – 1,5, калия (K_2O) – 1,8% на абсолютно сухое вещество. Исследования показали, что через год после внесения доломитовой муки почва из грации слабокислой (pH_{KCl} 5,3) перешла в грацию нейтральной с pH_{KCl} 6,0 на одинарной дозе извести и с pH_{KCl} 6,1-6,2 на двойной. На фоне внесения 5 т/га КМН отмечается тенденция эффективного влияния доломитовой муки грубого помола на кислотность почвы. В последующие годы это действие сглаживается, что объясняется низкими дозами известковых удобрений [1, 8].

Известняковая мука, которая представляет собой карбонат кальция (CaCO_3), и доломитовая мука, состоящая из смеси карбоната кальция и карбоната магния (MgCO_3), при внесении в почву претерпевают изменения. Они постепенно превращаются в растворимый бикарбонат кальция или магния под воздействием ионов водорода и углекислого газа, содержащихся в почвенном растворе:



Бикарбонат кальция далее диссоциирует на ионы Ca_2^+ и 2HCO_3^- , а также частично подвергается гидролизу:



При этом в почвенном растворе, содержащем ионы хлора, нитратов и сульфатов, повышается концентрация ионов Ca^{2+} и OH-групп. Это приводит к нейтрализации кислотности почвы.

При внесении полной дозы известковых матери-

алов, рассчитанной на основе показателя pH, устраняется как актуальная, так и обменная кислотность почвы. Гидролитическая кислотность значительно снижается, а содержание кальция (и магния) в почвенном растворе возрастает. Кроме того, увеличивается степень насыщенности почв катионами [9, 10].

Эффективность воздействия известковых удобрений на реакцию почвы и ее насыщенность катионами щелочноземельных и других металлов зависят от дозы и формы внесенного вещества. Чем больше доза CaCO_3 и чем тоньше помол агрохимиката, тем быстрее снижается кислотность почв и возрастает степень насыщенности катионами.

Результаты и обсуждение. Одним из путей нормализации кислотности почвы является включение в севооборот сидеральных культур в качестве органических удобрений для совместного внесения с минеральными удобрениями. Механизм действия сидератов заключается в выделении через корни растений веществ, связывающих свободные ионы водорода. При разложении сидераты обогащают почву органикой, кроме того, мощная корневая система сидератов разрыхляет грунт и улучшает аэрацию.

Использование сидератов не только позволит улучшить структуру почвы и снизить кислотность, но и внести экологически чистый азот. Проблема применения известковых материалов усугубляется отсутствием технических средств для внесения их в больших объемах, при том, что недостатка в природных известковых материалах нет.

Сидераты благодаря своим биохимическим особенностям способны естественным путем снижать кислотность почвы. Наиболее эффективные сидераты:

- горчица белая – лидер среди раскисляющих сидератов с мощной корневой системой. Достигает высоты 60 см за 45 дней;
- фацелия пижмолистная – природный регулятор кислотности, привлекающий полезных насекомых;
- клевер белый – обогащает почву азотом и эффективно разрыхляет грунт.

Методика применения сидератов включает подготовку участка (очистка от растительных остатков), равномерный посев семян по поверхности, закладку зеленой массы на глубину 10-15 см. Использование сидератов является эффективным и экологически безопасным методом коррекции кислотности почвы. При правильном использовании они обеспечивают комплексное улучшение почвенного плодородия и способствуют повышению урожайности сельскохозяйственных культур [10].

В 34 субъектах Российской Федерации ежегодно образуются порядка 20,7 млн т карбонатных отходов, а используются всего 8,9 млн т. На предприятия,

где эти отходы накапливаются в отвалах, потенциально можно производить 12-15 млн т мелиорантов в год. Использование продуктов переработки этих отходов поможет эффективно решить задачу их повторного применения. Особенно актуально это в случаях, когда доставка природных известковых материалов к местам обработки затруднена.

Специалисты Всероссийского научно-исследовательского и проектно-технологического института монокристаллов (ВНИПТИМ) провели ряд исследований, чтобы выяснить, можно ли применять бытовые отходы, фосфогипс и фосфатно-известковый отход Кингисеппского химического комбината в качестве мелиорантов [11, 12].

Известкование в результате нейтрализации излишней кислотности в почвенном слое создает оптимальные условия для жизнедеятельности микроорганизмов и способствует более рациональному использованию минеральных удобрений [13]. Кроме того, формируется геохимический барьер, который предотвращает вымывание подвижных элементов из почвы и сокращает вынос биогенов в водоемы (рис. 2).

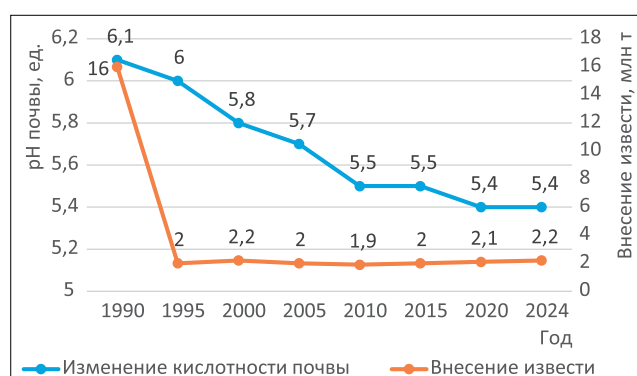


Рис. 2. Динамика внесения известковых удобрений и изменения кислотности почвы

Fig. 2. Dynamics of lime fertilizer application and corresponding changes in soil acidity

Стоит подчеркнуть, что на почвах с высокой кислотностью эффективность использования азота из удобрений значительно, в 1,4-2,7 раза ниже, чем на слабокислых и нейтральных почвах. Это также влияет на окупаемость удобрений. Коэффициент использования фосфорных удобрений при их разбросном внесении на сильноокислых почвах составляет всего 1,7-2,0%. Для сравнения: на почвах с благоприятной реакцией этот показатель равен 10-15%, а при локальном внесении – 30% [14].

При культивировании сельскохозяйственных растений на почвах, не обработанных известью, постепенно увеличивается кислотность и происходит накопление фитотоксичных элементов. По данным А.Н. Небольсина и З.П. Небольсиной, содержание подвижных форм алюминия в среднем за год воз-

растает на 1,2%, марганца – на 2,1%, железа – на 2,4%. Основной причиной подкисления неизвесткованных почв является дефицит оснований кальция и магния [15, 3].

Известковые удобрения производятся в гранулированном виде, ввиду этого появляется возможность внесения удобрений с помощью культиваторов растениепитателей [16, 17]. Однако установлено, что данный способ является нецелесообразным и малоэффективным в случае внесения материала с помощью навесных разбрасывателей минеральных удобрений из-за небольшой вместимости заправочных емкостей. А так как норма внесения известковых удобрений составляет от 3 т/га, то необходимо часто осуществлять заправку, и рабочее время будет использоваться нерационально.

Наиболее эффективными устройствами для внесения известковых мелиорантов в настоящий момент являются универсальные полуприцепы, например «ЧКЗ-Агро», которые могут оборудоваться дисками-разбрасывателями (рис. 3) [18]. А большой объем, от 20 до 50 м³, самих прицепов, позволяет вносить известковые удобрения в дозах, необходимых для проведения операции по раскислению почвы.



Рис. 3. Универсальный полуприцеп «ЧКЗ-Агро»
Fig. 3. Universal semi-trailer CHKZ-Agro

Распределители минеральных удобрений предназначены для транспортирования и поверхностного внесения твердых минеральных удобрений, известковых материалов и химических мелиорантов. Одним из примеров таких агрегатов является РУ-7000 (рис. 4).

Привод подающего транспортера осуществляется как от колеса машины, что обеспечивает синхронизацию подачи рабочего продукта от скорости движения машины, так и от вала отбора мощности (ВОМ) трактора. Предусмотрена ручная настройка машины на вид рабочего продукта и требуемую дозу внесения. РУ-7000 имеет механический привод (от ВОМ) распределяющих центробежных органов (тарелок) и гидравлический привод подающего транспортера от гидросистемы трактора.

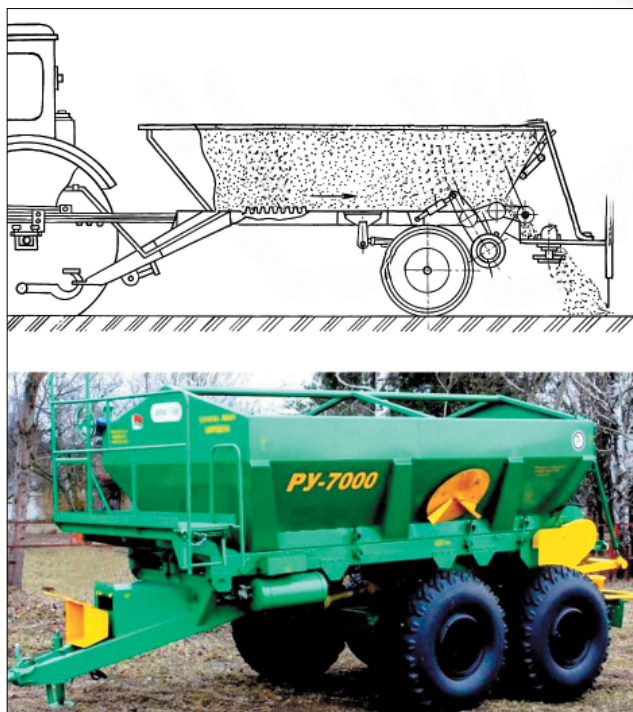


Рис. 4. Распределитель минеральных удобрений РУ-7000
Fig. 4. Mineral fertilizer spreader RU-7000

Программирование и контроль дозы внесения осуществляется бортовым компьютером.

Выводы. За счет закисления почв урожайность возделываемых культур уменьшается на 50-70%. Известкование почв является главным методом для нейтрализации избыточной кислотности почв, повышения эффективности использования минеральных удобрений, создания оптимальных условий для жизнедеятельности почвенных микроорганизмов.

Отсутствие достаточного количества технических средств для внесения известковых материалов сдерживает полномасштабное проведение известкования почв. При том, что в нашей стране имеется достаточный природный ресурс таких материалов: ежегодный выход только карбонатных отходов составляет 20,7 млн т.

При известковании почв значительно возрастает эффективность внесения минеральных удобрений за счет повышения их усвояемости растениями. На сильнокислых почвах коэффициент использования азота в 1,4-2,7 раза ниже, фосфорных удобрений составляет 1,7-2,0% против 10-15% на почвах с благоприятной реакцией.

Доломитовая мука грубого помола эффективно снижает кислотность почвы. Для раскисления почвы от средне- до слабокислых значений (рН_{ккл} 5,3-5,6) необходимо вносить известковые материалы в дозах 4 т/га.

Использование сидератов способствует снижению имеющегося уровня рН и частично заменяет внесения минеральных удобрений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Осипов А.И. История и практические аспекты известкования кислых почв в России // *Агрохимический вестник*. 2019. N3. С. 28-36. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10038.
- Стифеев А.И., Никитина О.В. Состояние пахотных земель Центрального Черноземья и основные направления воспроизводства их плодородия // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2022. N2. С. 30-35. EDN: MSJYEV.
- Литвинович А.В. История известкования почв // *Агрофизика*. 2014. N2. С. 45-51. EDN: SEMCYJ.
- Люри Д.И., Некрич А.С., Карелин Д.В. Изменение пахотных площадей в России в 1990-2015 гг. и почвенная эмиссия диоксида углерода // *Вестник Московского университета. Серия 5: География*. 2018. N3. С. 70-76. EDN: WDJVHN.
- Дорохов А.С., Старостин И.А., Ещин А.В. Перспективы развития методов и технических средств защиты сельскохозяйственных растений // *Агроинженерия*. 2021. N1(101). С. 26-35. DOI: 10.26897/2687-1149-2021-1-26-35.
- Сискевич Ю.И. Мониторинг кислотности сельхозугодий Липецкой области // *Плодородие*. 2007. N1. С. 4-5.
- Лобачевский Я.П. Научное обеспечение приоритетных технологий агропромышленного комплекса Российской Федерации // *Вестник Российской академии наук*. 2024. Т. 94. N3. С. 275-282. DOI: 10.31857/S0869587324030102.
- Агурова И.В., Сыщиков Д.В. Кислотность деградированных почв сельскохозяйственных угодий Донецкой Народной Республики // *Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение*. 2023. N3. С. 125-131. DOI: 10.55959/MSU0137-0944-17-2023-78-3-125-131.
- Алдошин Н.В., Васильев А.С., Голубев В.В. Обоснование приемов обработки почвы при освоении залежных земель // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2020. Т. 13. N1(64). С. 28-35. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.1.28.
- Яговенко Л.Л., Такунов И.П., Яговенко Г.Л. Влияние люпина на свойства почвы при его запашке на сидерацию // *Агрохимия*. 2003. N6. С. 71-80.
- Косолапов В.М., Цыгуткин А.С., Алдошин Н.В., Лылин Н.А. Агрономические основы инженерного обеспечения биологизации земледелия // *Кормопроизводство*. 2022. N3. С. 41-47. DOI: 10.25685/krm.2022.3.2022.007.
- Ценч Ю.С., Сидоров И.В. Генезис понятия «химизация сельского хозяйства» и его развитие в отечественной аграрной науке // *Технический сервис машин*. 2023. Т. 61. N4(153). С. 125-131. DOI: 10.22314/2618-8287-2023-61-4-125-131.
- Несговорова Н.П., Савельев В.Г. Кислотность почв как фактор формирования видового состава фитоценозов некоторых охраняемых территорий Курганской области России // *Успехи современного естествознания*. 2022. N6. С. 35-40. DOI: 10.17513/use.37838.
- Aldoshin N.V., Vasiliev A.S., Kudryavtsev A.V. et al. Improvement of forage lands in central non-black earth zone of Russia by using some integrated approaches. *Plant Science Today*. 2021. Vol. 8. N1. 9-15. DOI: 10.14719/pst.2021.8.1.827.
- Чекмарев П.А., Лукин С.В. Мониторинг плодородия пахотных почв Центрально-Черноземных областей России // *Агрохимия*. 2013. N4. С. 11-22. EDN: PZDJEN.
- Лобачевский Я.П., Алдошин Н.В. Технология и технические средства для реализации методов воспроизводства плодородия почвы // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2024. Т. 18. N2. С. 40-46. DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-2-40-46.
- Лобачевский Я.П., Алферов А.А. Актуальные исследования ученых Отделения сельскохозяйственных наук РАН // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2024. N2. С. 3-6. DOI: 10.31857/S2500262724020012.
- Старовойтов С.И., Ценч Ю.С., Личман Г.И. Технические системы цифрового контроля качества обработки почвы // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. N1. С. 16-21. DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-1-16-21.
- Коротченя В.М., Личман Г.И. Приоритеты развития почвообрабатывающих технологий // *Техника и оборудование для села*. 2023. N2(308). С. 2-6. DOI: 10.33267/2072-9642-2023-2-2-6.

REFERENCES

- Osipov A.I. History and practical aspects of acid soils liming in Russia. *Agrochemical Herald*. 2019. N3. 28-36 (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10038.
- Stifeev A.I., Nikitina O.V. The state of arable lands of the Central Chernozem region and the main directions of reproduction of their fertility. *Vestnik KGSFA*. 2022. N2. 30-35 (In Russian). EDN: MSJYEV.
- Litvinovich A.V. History of soil liming. *Agrophysica*. 2014. N2. 45-51 (In Russian). EDN: SEMCYJ.
- Lyuri D.I., Nekrich A.S., Karelin D.V. Cropland dynamics in Russia in 1990–2015 and soil emission of carbon dioxide. *Lomonosov Geography Journal. Ser. Geography*. 2018. N3. 70-76 (In Russian). EDN: WDJVHN.
- Dorokhov A.S., Starostin I.A., Eschin A.V. Development prospects for methods and technical means of farm crop protection. *Agricultural Engineering*. 2021. N1. 26-35 (In Russian). DOI: 10.26897/2687-1149-2021-1-26-35.
- Siskevich Yu.I. Monitoring the acidity of farmland in the Lipetsk region. *Plodorodie*. 2007. N1. 4-5 (In Russian).
- Lobachevsky Ya.P. Scientific support of priority technologies agro-industrial complex of the Russian Federation. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2024. Vol. 94.

- N3. 275-282 (In Russian). DOI: 10.31857/S0869587324030102.
8. Agurova I.V., Syshchykov D.V. Acidity of degraded soils of agricultural lands of the Donetsk Peoples Republic. *Lomonosov Soil Science Journal*. 2023. Vol. 78. N3. 125-131 (In Russian). DOI:10.55959/MSU0137-0944-17-2023-78-3-125-131.
 9. Aldoshin N.V., Vasiliev A.S., Golubev V.V. Justification of tillage methods in the development of fallow lands. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2020. Vol. 13. N1(64). 28-35 (In Russian). DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.1.28.
 10. Yagovenko L.L., Takunov I.P., Yagovenko G.L. The effect of lupine on soil properties during its plowing for sideration. *Agrohimia* 2003. N6. C. 71-80.
 11. Kosolapov V.M., Tsygutkin A.S., Aldoshin N.V., Lylin N.A. Mechanized agronomy as means for arable farming biologization. *Kormoproizvodstvo*. 2022. N3. 41-47 (In Russian). DOI: 10.25685/krm.2022.3.2022.007.
 12. Tsench Yu.S., Sidorov I.V. Chemization of agriculture as a concept in Russian agricultural sciences, its genesis and development. *Machinery Technical Service*. 2023. Vol. 61. N4(153). 125-131 (In Russian). DOI:10.22314/2618-8287-2023-61-4-125-131.
 13. Nesgovorova N.P., Savelyev V.G. Soil acidity as a factor in the formation of the species composition of phytocenoses in some protected areas of the Kurgan Region of Russia. *Advances in Current Natural Sciences*. 2022. N6. 35-40 (In Russian). DOI: 10.17513/use.37838.
 14. Aldoshin N.V., Vasiliev A.S., Kudryavtsev A.V. et al. Improvement of forage lands in central non-black earth zone of Russia by using some integrated approaches. *Plant Science Today*. 2021. Vol. 8. N1. 9-15 (In Russian). DOI: 10.14719/pst.2021.8.1.827.
 15. Chekmarev P.A., Lukin S.V. Monitoring of fertility of arable soils in the Central Chernozemic Regions of Russia. *Agrohimia*. 2013. N4. 11-22 (In Russian). EDN: PZDJEN.
 16. Lobachevskiy Ya.P., Aldoshin N.V. Technology and technical means for the implementation of reproduction methods for soil fertility. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2024. Vol. 18. N2. C. 40-46 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-2-40-46.
 17. Lobachevsky Ya.P., Alferov A.A. Current research by scientists of the department for agricultural science of the Russian academy of sciences. *Russian Agricultural Sciences*. 2024. N2. 3-6 (In Russian). DOI: 10.31857/S2500262724020012.
 18. Starovoytov S.I., Tsench Yu.S., Korotchenya V.M., Lichman G.I. Technical systems for digital soil quality control. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2020. Vol. 14. N1. 16-21 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-1-16-21.
 19. Korotchenya V.M., Lichman G.I. Priorities for the development of tillage technologies. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2023. N2(308). 2-6 (In Russian). DOI: 10.33267/2072-9642-2023-2-2-6.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Заявленный вклад соавторов:

Алдошин Н.В. – общее руководство исследованием, концептуализация, методология статьи, редактирование рукописи;

Золотарев А.С. – проведение исследований, создание черновика рукописи;

Квас С.А. – проведение исследований, окончательная версия рукописи.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант

Coauthors' contribution:

Aldoshin N.V. – overall supervision of the research, conceptualization, development of the article methodology, and manuscript editing;

Zolotarev A.S. – conducting the research and drafting the manuscript;

Kvas S.A. – conducting the research and preparing the final version of the manuscript.

The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию

Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on

The paper was accepted for publication on

29.09.2025

14.11.2025