

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований по инженерно-техническому
обеспечению агропромышленного комплекса»
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЕСТКОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

Аналитический обзор



Москва 2021

Техника и оборудование для села

Сельхозпроизводство • Переработка • Агротехсервис • Агробизнес

ЖУРНАЛ

«ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕЛА» –
ВАШ ПОМОЩНИК В НАУЧНОЙ, ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ,
УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ И УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ!

Ежемесячный полноцветный научно-производственный и информационно-аналитический журнал «Техника и оборудование для села», учредителем и издателем которого является ФГБНУ «Росинформагротех», выпускается с 1997 г. при поддержке Минсельхоза России. За это время журнал стал одним из ведущих изданий в отрасли и как качественное и общественно значимое периодическое средство массовой информации в 2008, 2009 и 2011 гг. удостоен знака отличия «Золотой фонд прессы». В редакционный совет журнала входят 8 академиков РАН и один академик НАН Республики Казахстан.

В журнале освещаются актуальные проблемы технической и технологической модернизации АПК: инновационные проекты, технологии и оборудование, энергосбережение и энергоэффективность; механизация, электрификация и автоматизация производства и переработки сельхозпродукции; агротехсервис; аграрная экономика; информатизация в АПК; развитие сельских территорий; технический уровень сельскохозяйственной техники; возобновляемая энергетика и др.

Журнал является постоянным участником большинства международных и российских выставок, конференций и других крупных мероприятий в области АПК, проходящих в России, неоднократно отмечался почетными грамотами, дипломами и медалями (более 10).

Журнал включен в международную базу данных AGRIS ФАО ООН, Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, входит в ядро РИНЦ и базу данных RSCI.

Регионы распространения журнала: Центральный, Центральнo-Черноземный, Поволжский, Северо-Кавказский, Уральский, Западнo-Сибирский, Восточно-Сибирский, Северный, Северо-Западный, Калининградская область, а также государства СНГ (Украина, Беларусь, Казахстан).

Индекс в объединенном каталоге «Пресса России» – 42285.

Стоимость подписки на 2021 г. с доставкой по Российской Федерации – 9636 руб. с учетом НДС (10%).

Приглашаем разместить в журнале «Техника и оборудование для села» информационные (рекламные) материалы, соответствующие целям и профилю журнала.

Подписку и размещение рекламы можно оформить через ФГБНУ «Росинформагротех» с любого месяца, на любой период, перечислив деньги на наш расчетный счет.

Банковские реквизиты: УФК по Московской области (Отдел № 28 Управления Федерального казначейства по МО)

ИНН 5038001475/КПП 503801001

ФГБНУ «Росинформагротех», л/с 20486Х71280,

Единый казначейский счет 40102810845370000004

Казначейский счет 03214643000000014800 в ГУ Банка России

по ЦФО // УФК по Московской области, г. Москва, БИК 004525987

В назначении платежа указать

код КБК (000 0000 0000000 000 440), ОКТМО 46758000.

Адрес редакции: 141261, Московская обл., пос. Правдинский, ул. Лесная, 60, Росинформагротех, журнал «Техника и оборудование для села».

Справки по телефонам: (495) 993-44-04, (496) 531-19-92;

E-mail: r_technica@mail.ru, fgnu@rosinformagrotech.ru



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований по инженерно-
техническому обеспечению агропромышленного комплекса»
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ИЗВЕСТИКОВАНИЯ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
УГОДИЙ**

Аналитический обзор

Москва 2021

УДК 631.415.26

ББК 40.40

С 56

Рецензенты:

О.С. Мисников, д-р техн. наук, декан факультета природопользования и инженерной экологии (ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет»);

О.Ю. Сорокина, д-р с.-х. наук, проф., зав. лабораторией агротехнологий Обособленного подразделения (Институт льна ФГБНУ ФНЦ ЛК)

Алдошин Н.В., Васильев А.С., Голубев В.В., Дроздов И.А., Мишуров Н.П., Неменушчая Л.А., Пискунова Н.А., Осмоловский П.Д., Манохина А.А. Современные технологии известкования для повышения эффективности сельскохозяйственных угодий: аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 96 с.

ISBN 978-5-7367-1654-8

Представлены классификация известковых удобрений и технологические особенности известкования почв в Российской Федерации, классификация известковых удобрений. Описаны основные технологические особенности и дан анализ современного машинно-технологического обеспечения данного процесса с выделением перспективных ресурсосберегающих направлений.

Предназначен для специалистов агропромышленного комплекса, научных работников и аспирантов, а также преподавателей и студентов образовательных учреждений.

Aldoshin, N.V., Vasiliev, A.S., Golubev, V.V., Drozdov, I.A., Mishurov, N.P., Nemenuschaya, L.A., Piskunova, N.A., Osmolovsky, P.D., Manokhina, A. A. *Modern Liming Technologies to Improve the Efficiency of Agricultural Land: An Analytical Overview* (Moscow: Rosinformagrotekh, 96 (2021).

The classification of lime fertilizers and technological features of soil liming in the Russian Federation and the classification of lime fertilizers are presented. The main technological features are described and the analysis of modern machine-technological support of this process is given along with the allocation of promising resource-saving areas.

It is intended for specialists in the agribusiness, researchers and graduate students, as well as teachers and students of educational institutions.

УДК 631.415.26

ББК 40.40

ISBN 978-5-7367-1654-8

© ФГБНУ «Росинформагротех», 2021

ВВЕДЕНИЕ

Особую значимость при возрастающей интенсификации современного агропроизводства имеет известкование, являющееся средством кардинального улучшения кислых почв [1-6].

Необходимость в данном мероприятии в значительной степени обусловлена существенными объемами отчуждения из почв с урожаем и вымыванием атмосферными осадками кальция и магния, а также применением физиологически кислых минеральных удобрений [2]. По данным многочисленных лизиметрических и полевых опытов, среднегодовые потери кальция и магния из пахотного слоя при пересчете на CaCO_3 колеблются в зависимости от характеристик исследуемых почв в пределах 250-500 кг/га [1, 4, 7]. Указанные уровни потерь требуют полной компенсации, в противном случае будут отмечаться рост кислой реакции среды, активизация алюминия, ухудшение гумусообразования, снижение активности почвенной биоты и другие негативные последствия [8, 9]. Для нивелирования указанных явлений в последние годы все большее внимание уделяется необходимости создания положительного баланса кальция и магния в почве посредством известкования, так как высокие урожаи сельскохозяйственных культур могут быть получены только при содержании данных макроэлементов, во много раз превышающие физиологические потребности растений [10, 11].

Наибольшее значение известкование имеет для подзолистых, дерново-подзолистых, торфяно-болотных и серых лесных почв. Отдельно требуется выделить необходимость мониторинга кислотности и проведение своевременного известкования выщелоченных и оподзоленных черноземов, на которых размещены основные посадки сахарной свеклы, являющейся одной из наиболее чувствительных к кислой реакции почвенной среды культур [1, 12, 13].

Согласно усредненным данным многочисленных исследований, каждая тонна известковых материалов способна обеспечить прибавку урожая за ротацию семипольного севооборота до 0,8 т зерновых единиц. Кроме того, оптимизация реакции почвенной среды непо-

средственно под конкретные культуры позволяет получить прибавки урожая: пшеницы – до 0,4 т/га, ржи – до 0,8, картофеля – до 5, сахарной свеклы – до 6, кукурузы (зеленая масса) – до 8 т/га [1, 4, 7].

Однако известкование требует дифференцированного подхода, так как в пределах практически каждого субъекта или хозяйства имеются площади, где почвы по своим природным свойствам (карбонатность почвообразующих пород, генетический тип и др.), степени окультуренности и структуре посевных площадей имеют различную потребность в известковании [2, 5, 14, 15].

К основным задачам обеспечения продовольственной безопасности независимо от изменения внешних и внутренних условий относятся: устойчивое развитие производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, достаточное для обеспечения продовольственной независимости, и реализация экспортного потенциала с учётом приоритета самообеспечения страны отечественной сельскохозяйственной продукцией, сырьём и продовольствием. В Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 21 января 2020 г. № 20) отмечено, что к основным направлениям государственной политики в сфере продовольственной безопасности относятся разработка и реализация программ технологической модернизации, в том числе внедрение новой техники и технологий, обеспечивающих повышение производительности труда, энергоэффективность, ресурсосбережение и снижение потерь в сельском и рыбном хозяйстве [16, 17]. В Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642) сказано, что приоритетным и перспективным направлением научно-технологического развития Российской Федерации является переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству [18]. Решение указанных задач требует системного подхода в части повышения эффективности использования сельскохозяйственных угодий – основного средства сельскохозяйственного производства и важнейшего фактора обеспечения продовольственной безопасности страны. В связи с этим приоритетными для развития агропромышленного комплекса страны становятся задачи, направленные

на повышение плодородия сельскохозяйственных угодий в первую очередь пашни [19]. Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 14 мая 2021 г. № 731) включает в себя отдельное мероприятие по повышению плодородия земель сельскохозяйственного назначения путем известкования [20-22]. Все это подтверждает актуальность создания открытого источника информации по вопросам известкования почв, содействующего реализации аграрной политики государства, оптимизации кислотности и повышению плодородия почв, обеспечивая тем самым увеличение продуктивности и эксплуатационной эффективности сельскохозяйственных угодий.

В работе дан анализ состояния и существующих технологий и техники для известкования почв сельскохозяйственных угодий, представлена классификация известковых удобрений. При подготовке использованы материалы из открытых научных, научно-практических источников и интернет-ресурсов, данные Минсельхоза России, субъектов Российской Федерации, результаты исследований ученых Тверской ГСХА, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева.

1. СОСТОЯНИЕ ИЗВЕСТКОВАНИЯ ПОЧВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Химическая мелиорация почв обеспечивает регулирование реакции почвенной среды (кислотность или щёлочность), обогащение почв минеральными элементами; способствует оструктурированию и химическому закреплению почв, их рассолонцеванию, раскислению; дезинфицированию и детоксикации. Исходя из потребности различных видов почв сельскохозяйственных угодий в проведении вышеуказанных мелиорирующих воздействий, устанавливается их потребность в соответствующих видах (способах) химической мелиорации [23].

Последние десятилетия в Российской Федерации характеризовались многократным сокращением объемов применения удобрений и извести [6]. По некоторым оценкам, ежегодный вынос питательных веществ из почв пашни в 5 раз превышает их возврат с вносимыми минеральными и органическими удобрениями [2]. Снижение масштабов химической мелиорации кислых почв является одним из значимых факторов, определяющих стагнационные процессы в создании высокоэффективного земледелия [24]. Вследствие сокращения площадей известкуемых почв значительная доля пахотных земель подвержена закислению. Если в 2000 г. кислые почвы в Российской Федерации ($\text{pH} < 5,5$) занимали порядка 36,7 млн га, то в настоящее время их площадь достигла 50 млн га и продолжает постоянно увеличиваться [25].

Особенно актуальна задача оптимизации физико-химических свойств почв для Нечерноземья, где проживает порядка 40% населения России и сосредоточено около половины промышленного потенциала страны. Агроклиматические условия данной зоны характеризуются, как правило, достаточным и избыточным увлажнением, но при этом идет объективный процесс обеднения почв основаниями, кальцием и магнием. Кроме того, в настоящее время наблюдается смещение на юг границы кислых почв в зону оподзоленных, выщелоченных и обыкновенных черноземов [1, 2, 11, 25].

Площадь пахотных угодий, требующих известкования, по последним данным, оценивается в 35099 тыс. га, из них 61,6% приходится на Центральный и Приволжский федеральные округа (табл. 1) [26].

Таблица 1

**Площади кислых почв пахотных угодий в Российской Федерации
(данные на 01.01.2019), тыс. га**

Федеральный округ	Площадь пашни	Почвы, имеющие кислую реакцию почвенного раствора					Доля кислых почв в пашне, %
		всего	очень сильно-кислые	сильно-кислые	средне-кислые	слабо-кислые	
Центральный	22663,5	11060,8	60,6	523,8	3727,7	6748,7	48,8
Северо-Западный	2969,1	886,5	14,1	105,9	285,3	481,2	29,9
Южный	18019,3	371,0	0,7	18,1	53,7	298,6	2,1
Северо-Кавказский	5494,7	60,7	1,1	6,1	22,6	30,8	1,1
Приволжский	34848,8	10550,0	157,6	896,6	3388,0	6107,8	30,3
Уральский	7799,6	3601,4	20,2	123,5	684,2	2773,5	46,2
Сибирский	21380,3	6721,3	41,9	406,7	1581,3	4691,5	31,4
Дальневосточный	3658,4	1847,3	18,5	274,9	766,8	787,0	50,5
Итого	116833,7	35099,0	314,7	2355,6	10509,6	21919,1	-

К началу XXI в. экономические условия функционирования сельского хозяйства в России сильно изменились, в частности, вследствие резкого снижения государственного финансирования работ по поддержанию почвенного плодородия [6]. Многие хозяйства лишены финансовой возможности для осуществления известкования, что приводит к нарастающему сокращению произвесткованных угодий. Объемы выполняемых работ по химической мелиорации являются малозначительными (табл. 2, 3) [27, 28]. При необходимом ежегод-

ном уровне известкования в 7-8 млн га фактический уровень составляет менее 5% от требуемого [1, 11].

Таблица 2

**Объемы известкования земельных угодий в субъектах Федерации,
тыс. га**

Федеральный округ	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Всего за 4 года	Доля произвесткованных почв в пашне, %
Центральный	129,4	126,8	180,9	193,3	630,4	2,8
Северо-Западный	6,6	8,7	6,2	10,4	31,9	1,1
Южный	-	-	4,3	7,4	11,7	0,1
Северо-Кавказский	-	-	-	-	0	0
Приволжский	79,1	94,1	96,5	84,3	354	1
Уральский	1,7	2,5	2,9	3,9	11	0,1
Сибирский	-	-	0,2	2,2	2,4	0
Дальневосточный	0,3	0,2	0,9	2,1	3,5	0,1
Итого	217,1	232,3	291,9	303,6	1044,9	-

Таблица 3

**Объемы работ по химической мелиорации земель
в Российской Федерации**

Показатели	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
1	2	3	4	5	6
Внесено известняковой муки и других известковых материалов:					
всего, млн т	2,1	1,9	2,1	2,5	2,3
на 1 га, т	8,6	8,5	8,6	8,5	7,6
Проведено гипсование солонцовых почв, тыс. га	1,1	3,7	5,6	2,6	2,4
Внесено гипса, фосфогипса и других гипсосодержащих пород:					
всего, тыс. т	3,2	15,2	27,0	13,0	15,3
на 1 га, т	2,8	4,2	4,9	5,0	6,2
Проведено фосфоритование кислых почв, тыс. га	16,8	17,5	8,6	12,6	21,7

1	2	3	4	5	6
Внесено фосфоритной муки:					
всего, тыс. т	9,7	20,4	7,6	11,0	20,6
на 1 га, т	0,6	1,2	0,9	0,9	1,0

В таких условиях избыточная кислотность почвенной среды, особенно при высоком содержании активного алюминия, является одной из главных причин низкой продуктивности сельскохозяйственных культур и многих отрицательных экономических и экологических последствий [8, 9, 29-31]. Так, например, на этих почвах в среднем на 30-40% снижается эффективность минеральных и органических удобрений, в 3-8 раз увеличивается накопление в растениях тяжелых металлов и радионуклидов [2, 4].

Оптимальная реакция почвенной среды и насыщенность ее поглощающего комплекса основаниями являются обязательными условиями эффективной системы земледелия для зоны с промывным режимом увлажнения, где постоянно происходит процесс обеднения почвы основаниями вследствие их миграции с инфильтрационными водами, а также выноса с урожаем сельскохозяйственных культур [1, 2, 3, 12, 31, 32].

Важное природоохранное и экономическое значение оптимизации реакции почвенной среды и баланса кальция учтено в практике сельскохозяйственного производства многих ведущих стран мира (Англия, Германия, США и др.), где порядка 70-80% затрат на известкование компенсируется государством [1]. Необходима разработка подобных программ финансирования химической мелиорации и для условий Российской Федерации.

В настоящее время Минсельхозом России реализуется ведомственная программа «Развитие мелиоративного комплекса России», предусматривающая возмещение сельхозтоваропроизводителям до 90% затрат на проведение мероприятий в области известкования кислых почв. С 2020 г. обязательным условием получения поддержки из федерального бюджета является использование для известкования мелиоранта, внесенного в государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации.

В 2019 г. в целом по стране произвестковано свыше 303,5 тыс. га пашни, что на 4% больше, чем в 2018 г. Из них с использованием средств господдержки – 123,5 тыс. га. За счет субсидирования государства у сельхозпроизводителей значительно возрос интерес к проведению данных работ.

На основе информационно-аналитического мониторинга, анализа и обобщения данных из открытых информационных источников о влиянии известкования на повышение эффективности растениеводства и объемах проведения данного мероприятия по регионам составлена табл. 4 [33-40].

Таблица 4

Объемы проведения известкования почв по регионам

Регион	Результаты	Примечание
1	2	3
Чувашская Республика	В 2019 г. в сельхозоборот введено 14,6 тыс. га	Входит в число лидеров среди субъектов по известкованию кислых почв
Челябинская область	В 2019 г. проведено известкование более 3 тыс. га	Мероприятие позволит за 5 лет повысить урожайность сельхозкультур не менее чем на 2-3 ц/га. 90% затрат на известкование компенсируется из федерального и областного бюджетов
Республика Татарстан	Проведено известкование на площади 644,6 тыс. га	90% затрат сельхозпроизводителей возмещены Минсельхозпродом РТ. Федеральная программа в этом направлении будет работать до 2024 г.
Томская область	83% пахотных земель нуждаются в известковании. Площадь известкования в 2020 г. – около 4 тыс. га	Урожайность картофеля повысилась на 20%, зерновых – на 31%. Предусмотрена компенсация 90% всех понесенных затрат
Тамбовская область	Мероприятия по известкованию кислых почв на общей площади до 6,8 тыс. га	Мелиоранты – доломитовая мука и дефекат

1	2	3
Калинин-градская область	В 2019 г. улучшилось мелиоративное состояние 7,4 тыс. га и понизилась кислотность 6,8 тыс. га сельхозугодий, внесено 43 тыс. т известковых материалов. На финансирование мелиоративных работ в 2019-2025 гг. предусмотрены федеральные средства в объеме 4,4 млрд руб.	Понизилась кислотность 8,5 тыс. га сельхозугодий. На известкование и ремонт мелиоративных систем из консолидированного бюджета было направлено 74,7 млн руб.
Рязанская область	Площадь известкования возросла с 479 га (2016 г.) до 5200 га (2018 г.), в 2019 г. работы по известкованию кислых почв проведены на площади более 18 тыс. га	Из областного бюджета субсидируется 70% затрат. Общий объем внесенной известняковой муки составил свыше 90 тыс. т
Иркутская область	Освоено 90,4 га неиспользуемой ранее пашни. Планируется ежегодное введение в оборот не менее 20 тыс. га. В 2020 г. – известкование 12,6 тыс. га	—

Как видно из табл. 4, в регионах уже реализуется программа «Развитие мелиоративного комплекса России», но необходима дальнейшая работа по информированию сельхозтоваропроизводителей о возможностях, предоставляемых данной программой, и преимуществах известкования, чтобы как можно большие площади кислых почв были введены в эффективный сельхозоборот.

Основным направлением совершенствования технологий и средств механизации известкования в настоящее время является повышение их экономической и ресурсосберегающей эффективности, которые, в частности, можно достичь за счет грамотной организации основных технологических процессов, корректных настроек машин и использования дешевых источников известковых удобрений.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗВЕСТКОВЫХ УДОБРЕНИЙ

По объему годовой добычи и экономической значимости карбонатное сырье в группе неметаллов находится в ряду ведущих. К широко распространенным карбонатным породам, сложенным кальцитом и (или) доломитом, относятся известняк, мел, доломит, мрамор, мергель, доломитовая мука, известковый туф, гаж. Также к карбонатным породам относятся магнезиты и сидериты. Известково-доломитовая группа включает в себя в качестве ведущих породообразующих минералов кальцит CaCO_3 и доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Порода, содержащая 50% и более кальцита, называется известняком, 50% и более доломита – доломитом (табл. 5). Доля добычи для известкования кислых почв в структуре использования карбонатных пород в России, составляет всего 2,3% [2].

Таблица 5

Классификация известково-доломитовых пород (по С.Г. Вишнякову)

Порода	Содержание, %	
	CaCO_3	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
Известняк	95-100	0-5
Известняк доломитистый	75-95	5-25
Известняк доломитовый	50-75	25-50
Доломит известковый	25-50	50-75
Доломит известковистый	5-25	75-95
Доломит	0-5	95-100

Классификационная схема используемых известковых удобрений представлена на рис. 1 [41].

Наиболее распространенными в практическом аспекте являются промышленные мелиоранты, однако с экономических позиций при составлении плана известкования следует подбирать материалы, наиболее полно удовлетворяющие соотношению стоимости (или себестоимости при добыче) мелиоранта и качества удобрения (длительность и эффективность действия).



Рис. 1. Ассортиментная классификация известковых удобрений

Для нейтрализации кислых почв широко используют следующие виды известковых удобрений [2, 12, 41-44]:

► **Доломитовая мука.** Получают размолом доломитов, содержащих 30-32% CaO и 18-20% – MgO . Это очень ценное известковое удобрение, имеющее особенно высокую эффективность на бедных магнием песчаных и супесчаных почвах. В соответствии с ГОСТ 14050-93 «Мука известняковая (доломитовая). Технические условия» [42] в зависимости от зернового состава доломитовую муку подразделяют на три марки (для классов 1, 2, 3) – А, В, С и на две марки для класса 4 – А и С. Указанный ГОСТ регламентирует требования к суммарной массовой доле карбонатов кальция и магния; зерновому составу, массовой доле влаги, содержанию активно действующего вещества. Практикой установлено, что чем тоньше помол доломитовой муки, тем полнее она взаимодействует с почвой и быстрее снижает кислотность.

Доломитовую муку в зависимости от предела прочности карбонатных пород при сжатии в насыщенном водой состоянии или марки по прочности отсеивов дробления по ГОСТ 8267-93 подразделяют на четыре класса: 1 класс – прочность до 20 МПа; 2 – свыше 20 до 40; 3 – свыше 40 до 60; 4 класс – свыше 60 МПа.

Доломитовая мука встречается и в виде природных залежей. Обычно на 50-70% она представлена частицами размером менее 0,25 мм и не менее чем на 85% – частицами менее 5 мм. Залежи природной доломитовой муки встречаются редко. Самое крупное месторождение находится в Судогодском районе Владимирской области.

► *Известняковая мука.* Получают размолот известняков, которые содержат 55-56% CaO и 0,9% MgO. Эффективность зависит от тонины помола. В соответствии с ГОСТом известняковая мука должна удовлетворять следующим требованиям: содержание карбонатов кальция и магния в пересчете на CaCO_3 – не менее 85%; содержание частиц размером 0,25 мм – не менее 60%, больше 1 мм – не более 5%, влажность – не более 1,5%. На почвах, хорошо обеспеченных магнием, известняковая мука по эффективности приближается к доломитовой, при слабой обеспеченности почв магнием существенно уступает ей.

► *Известковые туфы* (ключевая известь) – продукты накопления углекислого кальция в водных источниках. Суммарная доля углекислого кальция и углекислого магния – не менее 80% на сухое вещество.

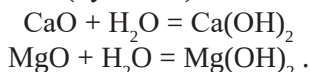
► *Мел.* От других твердых карбонатных пород отличается большей мягкостью, быстрее размалывается по сравнению с известняками, действует быстрее и в первый год, поэтому эффективнее молотого известняка. По ТУ мел должен содержать не менее 80% нейтрализующих веществ в пересчете на CaCO_3 ; частиц крупнее 5 мм – не более 20%; влажность должна быть не более 15%. Под влиянием увлажнения мел быстро распыляется, поэтому частицы размером 3-5 мм по эффективности не уступают тонкоизмельченным породам. Мел целесообразно использовать на кислых почвах, хорошо обеспеченных магнием.

► *Жженая (комовая) известь (CaO).* Является быстродействующим известковым удобрением, получается обжигом твердых известковых пород, которые под действием температуры разлагаются до оксидов кальция и магния с выделением углекислого газа:



Содержание CaCO_3 в жженой извести – более 170%. Наиболее рациональный способ использования – предварительное гашение

водой, что исключает необходимость размола и превращает ее в порошок – *гашеную известь* (пушонка):



Гашеная известь содержит 135% CaCO_3 . Комовую известь можно гасить в поле путем присыпания ее влажной почвой, что хуже, чем гашение до внесения, так как не позволяет получить материал нужного качества.

Жженую и гашеную известь следует вносить в почву не позднее, чем за 1,5-2 недели до посева для исключения возможных ожогов корней молодых растений.

Эти удобрения являются самыми быстродействующими и в первый год по эффективности превосходят известняковую и доломитовую муку.

► *Гажá (озерная известь)* – карбонатная порода, отложенная на дне высохших замкнутых водоемов, питавшихся грунтовыми водами, богатыми кальцием. В озерной извести содержится 80-95% CaCO_3 , 0,2-1,1% MgO , 0,2-1,6% K_2O , 0,02-0,2% P_2O_5 , есть и другие полезные соединения. Гажá напоминает мел сероватой окраски и отличается большой рыхлостью.

► *Торфотуфы*. Встречаются по окраинам низинных торфяников, заторфованным долинам рек и ручьев, питающихся жесткими водами. Содержание CaCO_3 в торфотуфах колеблется в пределах 10-75%. Являются ценным местным удобрением, которое не только снижает кислотность почвы, но и обогащает ее органическим веществом.

► *Мéргель*. Является местным известковым удобрением. Содержит 25-50% CaCO_3 , не менее 1% MgCO_3 и 25% примесей песка, глины и др. Встречается в виде плотных и рыхлых масс. Под влиянием смены температуры и влажности плотные массы на поле рассыпаются и после заделки в почву по эффективности не уступают известняковой муке.

► *Отходы промышленности, богатые известью*. К ним относятся сланцевая зола, дефека́т, металлургические шлаки. Отходы промышленности являются более дешевым известковым материалом и по эффективности нередко превосходят известняковую муку, так как помимо кальция и магния содержат ряд других питательных элементов.

► *Сланцевая зола.* Получается при сжигании горючих сланцев. Содержит 60-75% CaCO_3 , а также примеси солей магния, калия, натрия, серы, фосфора, ряда микроэлементов, что обуславливает ее более высокую эффективность по сравнению с обычными известковыми удобрениями. Большая часть кальция и магния содержится в виде кремнекислых солей, поэтому нейтрализация кислотности почвы происходит медленнее, чем при внесении известняковой или доломитовой муки. По этой причине сланцевая зола положительно влияет на культуры, чувствительные к избытку кальция (лен, картофель и др.).

► *Дефекат.* Является отходом свеклосахарного производства, содержит CaCO_3 , Ca(OH)_2 , азот, фосфор, калий, органическое вещество. Свежий дефекат подсушивают до влажности 25-30% и в таком виде используют как удобрение. Сухой дефекат содержит 60-75% CaCO_3 , 10-15% органического вещества, 0,2-0,7% N, 0,2-0,9% P_2O_5 и 0,3-1% K_2O . Дефекат используют на кислых почвах вблизи мест производства сахара, так как он малотранспортабелен.

► *Металлургические шлаки.* Помимо кальция и магния содержат кремний, фосфор, марганец, серу и другие элементы. Кремниевая кислота снижает содержание подвижного алюминия в почве, что обеспечивает лучшую усвояемость фосфора растениями. По этим причинам эффективность металлургических шлаков нередко оказывается даже выше эквивалентных по CaCO_3 доз известняковой и доломитовой муки. Для шлаков очень важна тонина помола, так как кальций и магний содержатся в нем в виде силикатов, менее растворимых по сравнению с карбонатами.

Металлургические шлаки ранее широко применялись в качестве мелиорантов в Уральском районе: ферропонтонный шлак (ФХШ) Челябинского и Серовского металлургических комбинатов, доменный и мартеновский шлаки Нижнетагильского комбината (НТМК) и электроплавильный шлак Екатеринбургского комбината. Эта группа мелиорантов содержит ряд тяжелых металлов.

► *Белит* – основная минеральная добавка для цемента. Представляет собой светло-серый тонкомолотый порошок (фракция до 0,4 мм). Это двухкальциевый силикат 2CaOSiO_2 с содержанием 1-3% примесей и включений в виде оксидов железа, алюминия,

магния, хрома (Cr_2O_3) и др., составляет совместно с ними твердый раствор. По показателям качества должен соответствовать нормам, представленным в ТУ 14-139-201-2012. Этот разрешенный к применению нетрадиционный химический мелиорант по степени токсичности относится к 3 классу опасности и является потенциальным источником загрязнения почв хромом.

Качество химического мелиоранта определяется качеством исходного сырья и характеризуется нейтрализующей способностью, фракционным составом и безопасностью элементного состава. В Российской Федерации отсутствуют нормативы, регламентирующие содержание примесных элементов в химических мелиорантах. Содержание экотоксикантов в мелиоранте считается допустимым, если не превышает предельно допустимых значений, установленных (ГН 2.1.7.2041-06; ГН 2.1.2511-09) для почв сельскохозяйственного назначения. Если содержание примесных элементов в мелиоранте превышает установленные для почв ПДК (ОДК), использование его для повышения плодородия почв возможно только при условии нормирования доз и периодичности внесения [2].

Известняковая, доломитовая мука, гаж и туфы не загрязняют почвы тяжелыми металлами. При этом к применению промышленных известьсодержащих отходов, особенно металлургических шлаков, следует относиться с повышенной осторожностью [7].

В таких традиционных мелиорантах, как доломитовая и известняковая мука, суммарная массовая доля карбонатов кальция и магния составляет в зависимости от марки не менее 80-85% (ГОСТ 14050-93), а содержание примесных элементов не превышает значений, установленных гигиеническими нормативами для почв (4 класс опасности).

Общий перечень известковых мелиорантов, разрешенных для использования на территории России, постоянно корректируется и ежегодно размещается на странице Департамента растениеводства, механизации, химизации и защиты растений сайта Минсельхоза России в разделе «Отраслевая информация». Все мелиоранты, разрешенные к применению по состоянию на 2021 г. представлены в табл. 6 [45].

**Перечень известковых мелиорантов, разрешенных к применению
на территории Российской Федерации**

Вид известкового мелиоранта	Зарегистрированный производитель
1	2
(С) Белит марки Б-1, Б-2	ОАО «Челябинский электрометаллургический комбинат»
(ЛС) Дефекат известковый	ООО «Олымский сахарный завод»
(ЛС) Дефекат известковый	ООО «Куркссахарпром», ООО «Хохольский сахарный комбинат», ООО «Дмитротарановский сахарный завод», АО «Лискисахар», ООО «Перелешинский сахарный комбинат» ООО «ПСК», АО «Елань-Коленовский сахарный завод»
(ЛС) Дефекационная известь	ОАО «Заинский сахар»
(ЛС) Доломитовая мука	ООО «БалтТрейдХим»
(ЛС) Доломитовая мука	ООО «ТД «ДОЛОМИТ»
(ЛС) Доломитовая мука	ООО «СЕЛЬХОЗ-ХИМИЯ+»
(С) Известь дефекационная – мелиорант	АО «АПО «АВРОРА»
(ЛС) Известняковая мука	ООО «ВЗП Заволжья»
(ЛС) Известняковая мука местная	ОАО «Агрохим»
(Л) Известняк для раскисления почв длительного действия серии Уральский Дачник	ООО «Гетерозисная селекция»
(С) Карбонат кальция для сельского хозяйства	АО «МИНУДОБРЕНИЯ», г. Россошь
(С) Карбонат кальция конверсионный марка А, сорт 1, 2	ОАО «Дорогобуж»
(ЛС) Мелиорант известковый (мука известняковая)	ООО «Комбинат строительных материалов»

1	2
(ЛС) Мелиорант известковый местный марки: Мел, Мука доломитовая, Мука доломитовая сыромолотая	ООО «Агрохимсервис»
(ЛС) Мука доломитовая	ОАО «Щелковское рудоправление»
(С) Мука известняковая (доломитовая) марка А	АО «Новоизборский КМН»
(ЛС) Мука известняковая (доломитовая) марка С	ООО «Вачское ДРСУ»
(ЛС) Мука известняковая	ОАО «Яманчуринская сельхозхимия»
(ЛС) Мука известняковая марка А	АО «СПАССКЦЕМЕНТ»
(ЛС) Мука известняковая (доломитовая) марка С	ЗАО «Известняк», Джегонасский карьер
(ЛС) Мука известняковая марка А	ООО «Дробильно-сортировочный завод»
(ЛС) Мука известняковая (доломитовая) марка А	ОАО «Старорусская сельхозхимия»
(ЛС) Мука известняковая (доломитовая)	ООО «М1 Логистика»
(ЛС) Мука известняковая (доломитовая) марка А	ООО «Сибирский регион»
(ЛС) Мука известняковая (доломитовая)	ОАО «Солигаличский известняковый комбинат»
(ЛС) Мука известняковая (доломитовая) марка А	ОАО «Песковский КСМ»
(ЛС) Мука известняковая (доломитовая) марка С	ООО ПМК «Бутурлинская»
(С) Мука известняковая (доломитовая) класс 2, марка С. Мелехово-Федотовское месторождение Владимирской области	ГУП Владимирской области «Владимирское карьероуправление»
(ЛС) Мука известняковая (доломитовая) марка В	ООО «С Технология»
(ЛС) Мука известняковая (доломитовая) марки А, С	ООО «Амурский цементный завод»
(С) Осадок фильтрационный (дефекат) марка Б	ООО «Ливны сахар»

1	2
(С) Сельскохозяйственный известняк Факсе	ООО «Трейд Плюс»
(С) ОМИА марки Кальциприлл 110-ЛФ, Магприлл 80-ЛФ	ООО «Омиа Урал»
(ЛС) Удобрения известковые: марка А – мука известняковая, марка Б – известь-пушонка	ООО «ТД «Урализвесть»
(ЛС) Удобрение известковое местное марки: Известняковая мука, Доломитовая мука, Мергель производства: ООО «Химпромагро», ООО «Балтасиагрохимсервис», ООО «Агрохимсервис», ООО «Дрожжаноеагрохимсервис», ООО «Агроальянс», ООО «Менделеевскагрохимсервис», ООО «Атняагрохим», ОАО «Усалиагрохимсервис», ООО «Горняк»; ОАО «Лаишевоагрохимсервис», ОАО «Кайбицыагрохимсервис», ООО «Рыбнослободский», ОАО «Татагрохимсервис», ОАО «Татагрохимсервис», ОАО «Буинскагрохимсервис», ОАО «Тюлячаагрохимсервис», ООО «ЧЕРЕМШАНАГРОХИМ», ОАО «Кукмораагрохимсервис», ООО «Балтасиагрохимсервис», ООО «Чистопольагрохим», ООО «Чистопольагрохим», ООО «Агрохимия», ООО «Сабыагрохим»	ООО «Татагрохим»»
(ЛС) Фильтрационный осадок сахарного производства – сахарный дефека	АО «Сахарный комбинат Львовский»

Примечание. Разрешен для применения в личных подсобных хозяйствах – Л; в сельскохозяйственном производстве – С.

Для оценки эффективности мелиорантов используют следующие показатели: сдвиг рН почвы при внесении конкретной дозы известкового удобрения; доза, требуемая для достижения оптимальной величины рН; доза, обеспечивающая пролонгированный эффект нейтрализации почвенной кислотности; диапазоны повышения урожайности и показателей качества продукции сельскохозяйственных культур от известкования; интервал доз мелиоранта для конкретных почвенно-климатических условий, обеспечивающий оптимальную рентабельность известкования [1, 2].

Одним из наиболее важных элементов современных технологий применения известковых мелиорантов является обеспечение их экологической безопасности, достигаемое посредством соблюдения таких условий, как использование известковых удобрений, разрешенных к применению; контроль качества и элементного состава применяемых мелиорантов на соответствие установленным нормативам; мониторинг экологического состояния мелиорированных почв и агроэкосистем; контроль качества получаемой растениеводческой продукции [2, 4, 31].

По физико-механическим характеристикам все известковые удобрения принято делить на две основные группы: пылевидные (известняковая мука, сланцевая зола, цементная пыль, металлургические шлаки) и непылящие (слабопылящая известняковая мука, известковый туф, озерная известь, доломитовая природная мука, дефека́т, мергель, известняковая мука из отходов). Принадлежность мелиорантов к той или другой группе определяет набор доступных машин и технологий для их внесения при известковании (см. гл. 4).

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗВЕСТКОВАНИЯ ПОЧВ

3.1. Чувствительность растений к кислотности почвы

Сельскохозяйственные культуры характеризуются различной чувствительностью к кислотности и содержанию подвижных форм алюминия и марганца в почве [46].

По отношению к кислотности почвы pH_{KCl} ниже pH водной вытяжки дерново-подзолистых почв на 0,8-1,1, черноземов обыкновенных – на 0,8-0,9, торфяных почв – на 0,3-0,6, и отзывчивости на известкование сельскохозяйственные культуры условно подразделяются на пять групп (табл. 7) [12].

Таблица 7

**Чувствительность сельскохозяйственных культур
к кислотности**

Группа	Культура	Критерии реакции
1	2	3
I	Свекла (сахарная, кормовая), клевер красный, люцерна, конопля, горчица	Наиболее чувствительны к кислотности почвы, требуют нейтральной и слабощелочной реакции (pH 5,7-6,5), очень хорошо отзываются на известкование
II	Кукуруза, пшеница, ячмень, горох, бобы, соя, эспарцет, клевер шведский, лисохвост, костер, пелюшка, вика, подсолнечник, просо, турнепс, капуста, томаты, кабачки, смородина черная	Нуждаются в слабокислой и близкой к нейтральной реакции (pH 5,5-6,0), хорошо отзываются на известкование
III	Рожь, овес, тимофеевка, гречиха, овсяница, картофель, редька, морковь, огурец, смородина красная, малина	Оптимально растут и развиваются при pH 5,0-5,5, положительно отзываются на известкование

1	2	3
IV	Лен	Умеренно переносит кислотность, оптимальный рост и развитие при pH 5,0-5,7; положительно отзывается на известкование при сохранении в почве оптимального соотношения между кальцием, калием, магнием, бором и умеренном азотном питании
V	Люпин, сераделла	Малочувствительны к кислотности почвы, положительно отзываются на известкование сильнокислых почв, оптимальная реакция – 4,5-5,2

При известковании необходимо учитывать величину pH_{KCl} , гидrolитической и обменной кислотности, содержание подвижного алюминия и марганца, степень насыщенности почв основаниями и ее буферность, содержание гумуса и биологические особенности выращиваемых культур [44].

Отрицательное действие на сельскохозяйственные культуры кислотности, токсичности алюминия и марганца на почвах, имеющих высокую насыщенность основаниями, питательными элементами с высокой буферностью, проявляется слабее, чем на бедных почвах и с низкой буферностью [29, 47]. Поэтому оптимальный интервал реакции для сельскохозяйственных культур на различных почвах неодинаков.

Соя – ценная культура, широко используемая в пищевой, фармацевтической, текстильной промышленности, кормопроизводстве, относится ко II группе по отзывчивости на известкование. Объемы ее возделывания постоянно увеличиваются [48]. Многие научные и производственные организации разрабатывают наиболее эффективные способы и технологии ее выращивания, изучают оптимальные виды и дозы удобрений. В табл. 8 представлены некоторые результаты подобных исследований.

Эффективные технологии известкования при выращивании сои

Направление исследования	Краткая характеристика
1	2
Влияние известкования при выращивании сои на черноземе выщелоченном	Наблюдалось повышение в зерне содержания сырого протеина на 0,79 абс. %. Внесение минеральных удобрений сопровождалось увеличением урожайности и белковости зерна сои на 0,05-0,37 т/га и 0,26-4,02 абс. % соответственно и снижением количества сырого жира на 0,04-0,62 абс. %. В вариантах с обработкой посевов сои препаратом ЖУСС-2 содержание сырого протеина было больше на 0,19 абс. %, а сбор белка и жира – на 12,4 и 9,1 кг/га соответственно [48]
Влияние известкования на эффективность гербицидов при возделывании сои	В начальные фазы развития сои способствует снижению засоренности посевов в среднем по сортам на 6%, в последующие фазы – уменьшению массы сорных растений на 174,6 г/м ² . Повышает эффективность гербицидов с точки зрения их влияния на качественные параметры урожая. Система гербицидов Фронтьер Оптима, Базагран, Арамо 45 в сочетании с известкованием обеспечивает максимальные показатели качества зерна сои, повышая содержание белка и жира на 1,5 и 2,1% соответственно (по сравнению с неизвесткованным фоном) [50]
Влияние известкования на урожайность и качество зерна сои	Отмечено позитивное влияние на урожайность зерна сои сорта Свапа – повышение изучаемого показателя до 15,9%, или 0,31 т/га, а также положительное воздействие на содержание белка в зерне сои сортов Свапа и Танаис. В среднем за два года изучаемый показатель составил 33,3% – в зерне сорта Свапа и 34,4% – в зерне сорта Танаис, что соответственно на 0,7 и 0,8% выше, чем в варианте без известки. Увеличилось на 1,4% содержание жира в зерне сои сорта Оресса [51]

1	2
Влияние известкования на урожайность сои	Внесение местного мелиоранта и минеральных удобрений (азофоска) $N_{40}P_{40}K_{40}$ привело к увеличению урожайности сои на 0,28-0,5 в чистом виде и до 0,78 т/га – в варианте «мел 6 т/га+NPK». Использование в качестве известкового материала мела Шиловского месторождения Ульяновской области в связи с высоким содержанием $CaCO_3 + MgCO_3$ в его составе перспективно [49]. С высокой вероятностью (82%) увеличивает урожайность сои на сильнокислых бурых лесных глеевых почвах и с вероятностью 16% – на слабокислых луговых черноземовидных. Наиболее полно нейтрализация почвенной кислотности происходит при использовании стандартной извести Лондоковского месторождения с одновременным внесением органических удобрений (навоз, сидераты). Известкование почв под сою должно обязательно сопровождаться применением фосфорных минеральных удобрений [52]

Известкование играет важную роль в повышении продуктивности и качества хмеля. Исследованиями Чувашского научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиала ФАНЦ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого (п. Опытный, Цивильский район, Чувашская Республика) было установлено, что при известковании хмельников по двойной гидролитической кислотности сбор альфа-кислоты составил 158,2-164,2 кг, что на 41,9-43,9% выше контроля без известкования. Коэффициент использования питательных веществ из минеральных удобрений повысился: по азоту – с 24,8 до 48,4%; фосфору – с 3,7 до 9,2%; калию – с 15,8 до 32,1%. В дальнейших исследованиях с внесением извести и удобрений с использованием сидеральных культур в качестве зеленого удобрения было установлено снижение почвенной кислотности на 0,09-0,20, повышение степени насыщенности основаниями на 0,6-0,7% и суммы поглощенных оснований – на 0,8 мг-экв на 100 г почвы. Урожайность

при этом повысилась на 0,23 т/га, а содержание альфа-кислоты на 1% [53].

Исследованиями ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ установлено, что внесение мелиоранта и минеральных удобрений (азофоска) $N_{40}P_{40}K_{40}$ привело к увеличению урожайности возделываемых культур: яровой пшеницы – до 0,2 т/га в чистом виде, и до 2,15 т/га – на фоне НРК; последующей культуры (соя) – на 0,28-0,5 и до 0,78 т/га в варианте «мел 6 т/га+НРК» [49].

Минеральные удобрения и известкование заметно повысили качество зерна ячменя в опытах Мичуринского ГАУ, увеличив натурную массу зерна в I блоке с 645 до 654-665, во II – с 653 до 657-677, массу 1000 шт. и выравненность зерна, содержание азота общего и белкового, фосфора и калия в зерне. Увеличение содержания протеина в зерне пивоваренного ячменя не рассматривается как повышение качества урожая, однако не следует забывать, что в лесостепной части ЦЧЗ ячмень в основном используется на корм скоту [54].

В опытах ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (г. Киров) внесение извести создало благоприятные условия для роста и развития лядвенца рогатого. Отмечалось увеличение сбора сухого вещества в первом укосе культурных растений (лядвенец рогатый, клевер, тимopheевка) на известкованном фоне [55].

При применении в льяном севообороте минеральной системы удобрения известкование кислой дерново-подзолистой почвы улучшало ее физико-химические свойства, способствовало снижению потерь гумуса на 0,24 т/га ежегодно, или на 16% от исходного уровня, по сравнению с неизвесткованным фоном. Более высокая гумусированность почвы в варианте с известкованием улучшила агрегатный состав почвы, увеличив на 7,4% количество водопрочных агрегатов размером >0,25 мм и способствовало сохранению агрономически ценной макро- и микроструктуры почвы [56].

При известковании традиционным известковым материалом в исследованиях Сахалинского научно-исследовательского института сельского хозяйства прибавка урожая зеленой массы люцерны за три года составила 78,5 ц/га, или 11,3%, сухой массы – 25,3 ц/га, или 15,8%, сбор кормовых единиц и переваримого протеина с 1 га увеличился в 1,2 раза. При использовании в качестве мелиоран-

та дефеката урожайность люцерны первого-третьего годов жизни повысилась на 15,73% зеленой массы и на 22,92% – сухой, сбор кормовых единиц и переваримого протеина – в 1,3 и 1,5 раза соответственно [57, 58].

Эти данные подтверждают эффективность и положительное влияние известкования при выращивании большинства сельскохозяйственных культур.

3.2. Оптимальные показатели почв

По потребности в известковании все почвы подразделяют на ряд основных классов (табл. 9) [44].

Таблица 9

Классификация почв по величине рН солевой вытяжки и гидролитической кислотности (Hr)

Класс почвы	Степень кислотности	рН солевой вытяжки	Гидролитическая кислотность (Hr)	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

Устойчивое положительное действие внесенной извести проявляется, как правило, в течение нескольких лет. При известковании почв необходимо учитывать чувствительность к кислотности всех культур севооборота и в первую очередь ведущих [3, 5, 7].

На основании результатов длительных полевых опытов, выполняемых профильными научно-исследовательскими учреждениями, были определены ориентировочные оптимальные значения pH_{KCl} (см. табл. 8), а также ориентировочная оптимальная степень насыщенности почв основаниями (см. табл. 9) [12].

Известкование проводится с целью достижения и поддержания реакции почвы на оптимальном уровне. Оно подразделяется на основное и поддерживающее [4].

Основное известкование проводится на почвах с $pH_{\text{ксл}}$ и степенью насыщенности основаниями ниже значений, указанных в табл. 10 и 11. Оно может проводиться в один или несколько приемов в зависимости от наличия ресурсов известковых удобрений. Если после однократного внесения оптимальный уровень реакции не достигнут, то осуществляется дополнительное внесение извести, также относящееся к основному известкованию.

Таблица 10

Ориентировочные оптимальные значения $pH_{\text{ксл}}$

Почвы	Севообороты						Культурные пастбища и сенокосы	
	полевые со льном и картофелем	полевые со льном, картофелем и многолетними травами	с сахарной свеклой и люцерной	зерно-травянопропашные и зернопропашные	кормовые прифермские	кормовые и овощекормовые	злаковые	бобово-злаковые
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Таяжная зона подзолистых и дерново-подзолистых почв</i>								
Песчаные и супесчаные	5,0	5,3	-	-	5,5	5,6	5,2	5,4
Суглинистые и легкосуглинистые	5,2	5,4	6,0	-	5,8	5,8	5,4	5,6
Глинистые и тяжелосуглинистые	5,4	5,5	6,3	-	6,0	6,0	5,6	5,8
Торфяные	-	4,8	-	-	5,0	5,2	4,6	5,0
<i>Лесостепная зона серых лесных почв и выщелоченных черноземов</i>								
Песчаные и супесчаные	-	5,4	6,0	5,6	5,6	5,8	5,5	5,6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Суглинистые и легкосуглинистые	5,4	5,6	6,3	5,8	5,8	5,9	5,7	5,8
Глинистые и тяжелосуглинистые	5,6	5,8	6,5	6,0	6,0	6,0	5,9	6,0
Торфяные	-	5,0	-	-	5,0	5,2	5,0	5,0

Таблица 11

**Ориентировочная оптимальная степень насыщенности почв
основаниями, %**

Почвы	Севообороты						Культурные пастбища и сенокосы	
	полевые со льном и картофелем	полевые со льном, картофелем и многолетними травами	с сахарной свеклой и люцерной	зерно-травянопропашные и зернопропашные	кормовые прифермские	кормовые и овощекормовые	злаковые	бобово-злаковые
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Таежная зона подзолистых и дерново-подзолистых почв</i>								
Песчаные и супесчаные	65	70	-	-	70	80	70	75
Суглинистые и легкосуглинистые	70	75	90	-	80	85	75	85
Глинистые и тяжелосуглинистые	75	80	92	-	85	90	80	90
<i>Лесостепная зона серых лесных почв и выщелоченных черноземов</i>								
Песчаные и супесчаные	70	75	90	85	85	85	80	85

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Суглинистые и легко-суглинистые	75	80	93	90	90	90	85	90
Глинистые и тяжелосуглинистые	80	85	95	92	92	92	90	92

Поддерживающее известкование проводится небольшими нормами на почвах с оптимальной реакцией, чтобы предотвратить их подкисление. Поддерживающее известкование допустимо после завершения основного на всех почвах.

Влияние известкования на различные виды почв изучается многими научными и образовательными организациями. На основе архивных данных Рязанского филиала Центргипрозем, периодических обследований станцией агрохимической службы «Рязанская», анализов Мещерского филиала ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», опубликованных в отчетах, научных статьях и изданиях, изучены изменения характеристики дерново-подзолистых песчаных почв за 25-летний период. По результатам исследований установлены различия в плодородии дерново-подзолистых почв в зависимости от способов их использования. Внесение органических и минеральных удобрений, известкование на орошаемой пашне приводят к увеличению содержания подвижного фосфора в 1,4-2 раза, подвижного калия – в 4,1-13,6, суммы поглощенных оснований – в 2,3-5, степени насыщенности почвы основаниями – в 2-2,8 раза, снижению кислотности – на 0,9-1,9 ед. pH. Отсутствие удобрений на пастбищах ухудшает плодородие дерново-подзолистых песчаных почв, так как содержание гумуса снижается в 2,2 раза, подвижного фосфора – в 2,5 раза; одновременно повышается кислотность [59].

Для изучения влияния удобрений и известкования на плодородие чернозема выщелоченного и урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур в условиях лесостепи Центрально-Черноземного региона (территория Воронежской области) был за-

ложен многолетний стационарный полевой опыт, в котором освоен шестипольный севооборот. Полученные результаты показали, что наиболее благоприятные показатели почвенной кислотности обеспечивало последствие навоза и дефеката без внесения минеральных удобрений, а также совместное использование минеральных, органических удобрений и мелиоранта. Содержание обменного кальция варьировалось в пределах 19,4-22,8 мг-экв. на 100 г почвы, принимая минимальную величину на вариантах с минеральными удобрениями, внесенными на фоне последствия только навоза. Известкование почвы приводило к увеличению содержания гумуса и его запасов соответственно на 0,2-1% и 155-250 т/га. Кроме того, в вариантах использования дефеката отмечалось максимальное содержание фракции гуминовых кислот, связанной с кальцием. На вариантах применения минеральных удобрений наблюдалось возрастание доли фульвокислот в составе гумуса [60].

На основании исследований, проведенных Воронежским ГАУ имени Императора Петра I, можно сделать вывод о ярко выраженном положительном влиянии дефеката на физико-химические свойства чернозема выщелоченного. При внесении навоза, даже совместно с минеральными удобрениями, также наблюдается стабилизация показателей почвенной кислотности [61].

В микрополевым опыте на серой лесной слабооподзоленной среднесуглинистой почве в ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ» (Владимирская область) проводились исследования по определению влияния различных доз извести на активность почвенных ферментов: каталазы, полифенолоксидазы, пероксидазы. Самые высокие показатели ферментативной активности сформировались в почве при использовании извести в дозе 1 г.к. на фоне применения минеральных удобрений. Средний уровень ферментативной активности был на 26% выше, чем в контрольном варианте [62].

Исследования, проведенные ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» и ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», показали высокую эффективность известкования кислых почв для снижения поступления радионуклидов (особенно радиоцезия) в продукцию растениеводства. Внесение извести и других известковых материалов в зави-

симости от уровня загрязнения и кислотности почвы способствует снижению поступления радионуклидов в сельскохозяйственные культуры в 1,5-3 раза [63].

3.3. Определение норм внесения известковых удобрений

При установлении норм извести с целью создания оптимальной реакции среды необходимо учитывать чувствительность основных культур севооборота к кислотности почвы и отзывчивость их на известкование, механический состав почвы, содержание гумуса, показатели кислотности [12, 14, 32, 44].

Нормы внесения извести для полной нейтрализации дерново-подзолистых, серых лесных и черноземных почв определяются величиной гидролитической кислотности и рассчитываются по формуле

$$Д = 0,05Hrdh, \quad (1)$$

где $Д$ – доза $CaCO_3$, т/га;

$Hг$ – гидролитическая кислотность по Каппену, мг·экв. на 100 г почвы;

d – плотность почвы, г/см³;

h – глубина пахотного слоя почвы, см.

При отсутствии данных о плотности ориентировочно в расчетах можно использовать следующие величины: для дерново-подзолистых почв 1,2-1,5 г/см³; серых лесных – 1,1-1,3; выщелоченных и оподзоленных черноземов – 1-1,2; торфяно-болотных – 0,3-0,5 г/см³.

Дозы извести для достижения заданного значения pH определяют по формуле

$$Д = \frac{0,05dh\Delta pHV}{pH100\Sigma}, \quad (2)$$

где ΔpH – прирост значения pH от исходного до заданного;

V – степень насыщенности почв (заданная), % (табличный материал);

Σ – сумма обменных оснований, мг·экв. на 100 г почвы;

pH – исходное значение pH_{KCl} почвы; остальные обозначения аналогичны представленным в формуле (1).

Для черноземов и серых лесных почв мелиоративные дозы также можно определить с учетом основных факторов, определяющих буферность почв. За основу расчетов мелиоративных доз извести при этом берется количество Ca_{2+} в составе гидролитически щелочных соединений, которое входит в состав почвенно-поглощающего комплекса в расчете на заданное изменение кислотности pH_{KCl} от исходного pH_i до оптимального значения pH_{opt} . Эта величина определяется суммой абсолютных изменений гидролитической кислотности и эффективной емкости катионного обмена:

$$D_M = \frac{(pH_{opt} - pH_i)}{pH_i} \cdot 5 \cdot h \cdot d \cdot M \cdot (1 + \tau \cdot pH_i), \quad (3)$$

где D_M – мелиоративная доза $CaCO_3$, т/га;

pH_i и pH_{opt} – исходное и оптимальное значения pH_{KCl} ;

h – глубина (м);

d – плотность почвы (г/см³);

τ – показатель относительного изменения емкости катионного обмена почвы при изменении pH_{KCl} на единицу;

M – модуль катионообменной емкости, равный $0,5 \cdot (S + Hg)$ – половине суммы обменно-поглощенных оснований и гидролитической кислотности, мг·экв/100 г. Если данные параметры в почве не определялись, то показатель можно определить на основе содержания гумуса (G , %) и физической глины (Fg , %) : $M = 2 \cdot G + 0,14 \cdot Fg$.

В ходе обработки значительного объема данных по pH и гидролитической кислотности почв Ленинградским НИИСХ были разработаны таблицы доз внесения извести для Северо-Западного района Российской Федерации, обеспечивающих доведение реакции до оптимального уровня (табл. 12) [12]. При этом данные табл. 12 могут быть успешно использованы в условиях Северного, Центрального и Волго-Вятского районов Российской Федерации.

**Дозы внесения извести (CaCO_3 , т/га) для известкования минеральных почв
Северо-Западного района России (мощность пахотного слоя 22-25 см)**

Механический состав почвы	Содержание гумуса, %	Реакция почв, $\text{pH}_{\text{КС}}$												
		3,8-3,9	4,0-4,1	4,2-4,3	4,4-4,5	4,6-4,7	4,8-4,9	5,0-5,1	5,2-5,3	5,4-5,5	5,6-5,7	5,8-5,9	6,0-6,1	6,2-6,3
Песчаные	1	4,0	3,8	3,3	3,1	2,7	2,5	2,2	1,8	-	-	-	-	-
	1-2	5,5	5,0	4,3	3,8	3,4	3,0	2,5	2,0	-	-	-	-	-
	2-3	7,0	6,2	5,5	4,5	4,0	3,4	2,8	2,2	-	-	-	-	-
Супесчаные	1	5,0	4,1	3,6	3,4	2,8	2,6	2,3	2,1	-	-	-	-	-
	1-2	6,5	5,3	4,5	4,0	3,5	3,1	2,6	2,3	-	-	-	-	-
	2-3	8,0	6,5	5,7	4,7	3,5	3,5	2,5	2,5	-	-	-	-	-
Легкосугли- нистые	1	6,5	5,6	5,0	4,6	4,3	4,0	3,7	3,6	3,3	2,8	2,4	-	-
	1-2	8,0	6,8	6,0	5,3	4,9	4,5	4,1	3,8	3,4	2,9	2,5	-	-
	2-3	9,5	8,0	7,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	-	-
Среднесугли- нистые	1	7,0	6,6	5,5	5,1	4,8	4,5	4,2	4,1	3,3	2,8	2,4	-	-
	1-2	8,5	7,8	6,5	5,8	5,4	5,0	4,6	4,3	3,4	2,9	2,5	-	-
	2-3	10,0	9,0	7,5	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	3,5	3,0	2,5	-	-
	3-4	11,5	10,2	8,5	7,2	6,6	6,0	5,4	4,7	3,6	3,1	2,5	-	-
	4-5	13,0	11,4	9,5	7,9	7,2	6,5	5,8	4,9	3,7	3,2	2,6	-	-
Тяжелосугли- нистые	1	9,0	8,6	7,0	6,6	6,3	5,5	5,2	4,6	4,3	3,8	3,3	2,8	2,5
	1-2	10,5	9,6	8,0	7,3	6,8	6,0	5,6	4,8	4,4	3,4	3,4	2,9	2,5
	2-3	12,0	11,0	9,0	8,0	7,4	6,4	6,0	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5
	3-4	13,5	12,2	10,0	8,7	8,0	7,0	6,4	5,2	4,6	4,1	3,6	3,1	2,5
Глинистые	1-2	13,5	9,9	9,0	7,6	6,9	6,2	5,7	5,1	4,8	4,3	3,8	3,3	3,0
	2-3	15,0	11,3	10,0	8,3	7,7	6,5	6,3	4,9	4,4	4,4	3,9	3,4	3,0
	3-4	16,5	12,5	11,0	9,0	8,2	7,2	6,5	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0
	4-5	18,0	13,7	12,0	9,7	8,7	7,6	6,9	5,0	5,1	4,6	4,1	3,6	3,0

Примечание. При дозах менее 3,5 т/га известкование необязательно.

Также можно использовать метод расчета известковых удобрений по нормативам их расхода на сдвиг (смещение) pH от исходного уровня до оптимального. Для этого необходимо в конкретных почвенно-климатических условиях установить зависимость между дозой CaCO_3 и сдвигом pH данного типа почвы с учетом ее механического состава, содержания органического вещества и степени кислотности. Средний сдвиг от 1 т CaCO_3 на средне- и сильнокислых дерново-подзолистых почвах легкого механического состава составляет ориентировочно 0,15-0,25 pH, а на суглинистых почвах – 0,1-0,15. В интервале почв со слабокислой реакцией сдвиг pH от 1 т CaCO_3 примерно в 1,5 раза меньше, чем для почв с pH 5,0 и менее.

Доза рассчитывается по формуле

$$Д = \Delta \text{pH} X, \quad (4)$$

где ΔpH – сдвиг исходного показателя pH до планируемого интервала;

X – норматив расхода CaCO_3 (т/га) для сдвига pH на единицу (определяется по результатам изменения кислотности почв или берется из специализированных научных источников).

Торфяно-болотные почвы с кислой реакцией почвенного раствора имеют высокую потенциальную кислотность, обусловленную главным образом ионом водорода. В то же время эти почвы обладают большой буферной способностью и при pH более 5,0-5,2 в известковании не нуждаются. Институтом почвоведения и агрохимии НАН Беларуси предложены рекомендуемые дозы, исходя из величины pH_{KCl} (табл. 13) [14, 43].

Таблица 13

Дозы извести для торфяно-болотных почв

pH_{KCl}	CaCO_3 , т/га
3,0-3,3	14
3,4-3,7	12
3,8-4,1	10
4,2-4,4	7
4,5-4,6	4
4,7-4,8	3
4,9-5,0	2
Более 5,0	Не нуждаются

Оподзоленные и выщелоченные черноземы в свекловичных севооборотах подлежат известкованию при гидролитической кислотности более 2,0 мг·экв. на 100 г почвы и степени насыщенности основаниями ниже указанной в табл. 11. Нормы известковых удобрений рассчитывают по формуле (1). В зернотравянопропашных и зернопропашных севооборотах с одним-двумя полями сахарной свеклы или без нее известкование проводится при гидролитической кислотности более 3 мг·экв. на 100 г почвы и степени насыщенности основаниями менее приведенной в табл. 11.

Применяемые известковые удобрения содержат в своем составе различные примеси и влагу, а также грубые частицы, которые крайне медленно взаимодействуют с почвой и являются балластом. К недействительным относятся следующие фракции: для известняковой и доломитовой муки из твердых пород и металлургических шлаков – частицы крупнее 1 мм, для известняковой и доломитовой муки из мягких пород – частицы крупнее 3 мм. В целом все формы используемых известковых удобрений должны полностью соответствовать требованиям действующей нормативно-технической документации.

Дозы конкретного известкового удобрения рассчитывают с учетом недействительных частиц, его нейтрализующей способности, глубины пахотного слоя и отношения культур севооборота к дозам известки по следующей формуле

$$Д = \frac{100^3 \cdot Н}{(100 - В)(100 - К)П}, \quad (5)$$

где Д – доза известкового удобрения, т/га;

Н – полная доза CaCO_3 , т/га;

В – содержание влаги, %;

К – количество недействительных частиц, %;

П – нейтрализующая способность, % CaCO_3 .

3.4. Определение полей севооборота и сроков внесения известковых материалов

В различных севооборотах почвы известкуют с учетом степени их кислотности и отзывчивости возделываемых культур на известкование (табл. 14) [4, 12].

**Потребность почв в известковании в севооборотах
при различной кислотности**

Севообороты	Кислотность почв			
	сильная (рН меньше 4,5)	средняя (рН 4,6-5,0)	слабая (рН 5,1-5,5)	близкая к нейтральной (больше 5,5)
Полевые с травами и небольшой площадью картофеля (1 поле)	1	2	3	Проводится поддерживающее известкование
То же, с большой площадью картофеля (2-3 поля)	1	3	Не известкуется	Не известкуется
Кормовые (прифермские), овощные и овощекормовые	1	1	2	Проводится поддерживающее известкование
Культурные пастбища и сенокосы	1	1	2	Не известкуется
С люцерной и сахарной свеклой	1	1	1	Проводится поддерживающее известкование
Зернопропашные и зернотравянопропашные	1	2	3	Проводится поддерживающее известкование

В первую очередь следует известковать почвы сильно- и среднекислые при возделывании на них культур с высокой чувствительностью к кислой реакции.

Необходимо обратить внимание на место внесения извести в севооборотах, особенно со льном, картофелем и люпином. Рекомендуется проводить известкование при рН 5,5 и ниже, а известь лучше вносить под эти культуры за пять лет или более до их посева. В севооборотах с овощами или сахарной свеклой лучше всего известковать под предшественники капусты, свеклы или непосредственно под эти

культуры с осени. В зерновом севообороте с клевером лучшее место внесения извести – под предшественник озимых или яровых культур. В принципе известь – мелиорант длительного действия, и допустимо ее внесение на любом поле севооборота.

В многолетних насаждениях плодовых и ягодных культур известкование почвы следует проводить доломитовой мукой в следующей последовательности. Первое внесение извести производится полной дозой перед вспашкой при подготовке почвы под посадку сада или ягодников. Затем известковые удобрения при необходимости вносятся в посадочные ямы, лунки, борозды при посадке садов и ягодников в рекомендуемых дозах. После посадки молодые сады и ягодники следует известковать через пять-шесть лет после анализа почвы на кислотность. В плодоносящих насаждениях известкование можно проводить с интервалом пять-шесть лет, уточняя дозу извести по результатам анализа почвы на кислотность. Вносятся известковые удобрения вразброс на всю площадь междурядий по вспаханной почве и заделываются культиватором или дисковой бороной [64].

Вопрос о сроках и месте внесения извести решается исходя из положения, что известковать можно в течение почти всего года, кроме тех периодов, когда по полю не могут пройти и удовлетворительно работать машины (табл. 15) [1, 4, 5].

Таблица 15

Календарь работ по известкованию

Календарный период	Место внесения известковых удобрений
Апрель-май	Под культуры ярового сева, прежде всего, под покров многолетних трав, на вновь освоенных мелиорируемых землях
Июнь-август	После уборки парозанимающих культур и трав первого и второго года пользования (под озимые)
Сентябрь-октябрь	После уборки озимых, яровых и пропашных культур
Ноябрь-март (при условии, что высота снежного покрова не превышает 30 см)	Под все яровые культуры (кроме льна), на вновь освоенных землях, на лугах и пастбищах

Лучший период для внесения извести – осень, так как весной работы по известкованию затрудняются распутицей, и до посева ранних культур остается слишком мало времени. Эффективно летнее известкование, однако отсутствие свободных площадей ограничивает объемы работ. Вполне допустимым является зимнее внесение доломитовой муки. Оно имеет даже определенные преимущества, заключающиеся в обилии свободных площадей, низкой зимней загруженности технических средств по внесению, транспортировке и погрузке.

Производственными опытами доказана одинаковая эффективность различных сроков внесения доломитовой муки в изменении pH почвы, что неудивительно, так как часть извести остается непрореагировавшей даже через три года, а при одинаковом pH урожай будет одинаковым независимо от сроков и доз внесения извести [65]. Внесенная зимой известь почти не сносится талыми водами и способствует таянию снега.

Зимнее известкование не уступает другим срокам лишь при соблюдении ряда условий: внесение проводится на ровных площадях с уклоном не более 3° при глубине снежного покрова не более 30 см, отсутствии ледяной корки и снежного наста, на незатопляемых весенними паводками угодьях, при скорости ветра, не превышающей 5 м/с. Запрещается внесение пылевидных известковых удобрений на замерзшие, не покрытые снегом пахотные земли, так как ветер очень существенно ухудшает равномерность внесения. Ввиду наличия этих ограничений в зимних условиях целесообразно проводить лишь поддерживающее известкование (почвы III-IV групп), почвы I-II групп кислотности известковать не рекомендуется.

Интересен опыт венгерских коллег, где большое распространение получило известкование зимой и ранней весной по растениям. Зимнее известкование там проводят большими и малыми дозами на естественных лугах и пастбищах, посевах люцерны и клевера. В феврале и марте очень часто применяют известковые удобрения на озимой пшенице, являющейся второй по распространенности после кукурузы сельскохозяйственной культурой. При этом эффективность внесения даже мелиоративных доз извести по растениям почти не уступает внесению в почву. В то же время эффективность зимнего известкования по растениям сильно зависит от состояния почв и рас-

тений во время внесения. Так, если поверхность почвы или растений была влажной или переувлажненной, то действенность известкования из-за гибели растений резко снижалась.

В Венгрии была специально разработана технология приготовления рыхлых гранул сильно пылящих известковых удобрений, позволяющая с помощью специальных комбинированных сеялок вносить известковые удобрения на 1-2 см глубже семян, обеспечивая тем самым повышение продуктивности сельскохозяйственных растений, выращиваемых на почвах с повышенной кислотностью [1].

При организации круглогодичного известкования необходимо руководствоваться следующими основными принципами. В теплый период года (летом, ранней осенью) известкование проводят на холмистых участках и переувлажненных почвах. Более сухие и ровные участки поля с легкими дренированными почвами следует известковать поздней осенью и ранней весной. Не занятые посевами поля известкуют в период наибольшего дефицита свободных для известкования площадей (июнь-июль). При высокой загруженности техники в теплый период и больших объемах известкуемых угодий целесообразно сместить сроки известкования на зимний период.

На примере Владимирской области в исследовании ФИЦ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева» и Верхневолжский ФАНЦ предложен новый подход к определению приоритетности (очередности) проведения мероприятий по известкованию. Для этого используется база данных «Почвы сельскохозяйственных земель в Российской Федерации», которая включает в себя 10000 типологических и 57678 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 [66].

3.5. Сочетание известкования почв с применением удобрений

Применение минеральных удобрений на сильнокислых почвах малоэффективно, а при длительном использовании физиологически кислых форм повышается кислотность, что отрицательно влияет на плодородие почвы [3].

Система удобрений на кислых почвах может быть высокоэффективной только при сочетании с известкованием, которое позволяет наиболее полноценно использовать минеральные и органические удобрения на кислых почвах и должно опережать их применение [5].

Суммарная эффективность совместного использования удобрений зависит от многих факторов, но в большинстве случаев на сильнокислых почвах известкование повышает действенность органических удобрений. Известь, внесенная в почву совместно с органическими удобрениями, существенно изменяет условия их разложения. В произвесткованной почве повышается активность микроорганизмов и происходит более быстрый перевод питательных веществ, содержащихся в органических удобрениях, в доступное для растений состояние. Чем кислее почва, тем выше эффективность сочетания известкования с органическими удобрениями [4].

Карбонатные формы известковых удобрений (известняковая и доломитовая мука, известковый туф и др.) можно вносить вместе с навозом, торфом и компостом, а также смешивать или компостировать с органическими удобрениями. Азот из навоза при этом не теряется.

Компостирование навоза с известью (с окисными и гидратными формами) целесообразно, так как увеличиваются потери азота из навоза.

Известкование кислых почв значительно улучшает использование физиологически кислых азотных удобрений. На известкованных почвах аммиачные и нитратные азотные удобрения по эффективности равноценны.

Известкование кислых почв в большинстве случаев улучшает использование фосфора из растворимых форм фосфорных удобрений (суперфосфата и др.) [4, 12, 47].

Применение фосфоритной муки при известковании имеет свои особенности, её следует вносить до известкования или в разные слои почвы (известь – под вспашку, фосфоритную муку – под культивацию или наоборот). Наиболее целесообразно применять фосфоритную муку на почвах, произвесткованных до уровня pH менее 5,0-5,3.

Известкование изменяет соотношение в почве кальция и калия в сторону резкого преобладания первого. Нарушение нормального соотношения этих элементов отрицательно сказывается на развитии и урожае растений, особенно льна, люпина, трав, кукурузы. Поэтому дозы калийных удобрений на произвесткованных почвах следует увеличивать на 20-25% [7].

Кроме того, известкование кислых почв снижает доступность растениям микроэлементов: бора, меди, цинка, марганца, кобальта. Поэтому при низкой обеспеченности произвесткованных почв микроэлементами требуется вносить соответствующие микроудобрения: бор – под свеклу, люцерну, лен, клевер, турнепс, морковь; цинк – под кукурузу; марганец – под сою.

Интенсивное растениеводство с устойчиво высокими урожаями культур традиционно ведет к резкому повышению поглощения кальция и магния из почвы, поэтому за последние годы повсеместно увеличиваются площади кислых почв [1]. Такие факторы обуславливают необходимость проведения масштабного известкования.

3.6. Известкование почв в севооборотах

Полевые севообороты. В полевых севооборотах с зерновыми культурами и многолетними травами (клеверо-злаковые травостой) наибольший эффект от известкования достигается при внесении полной дозы под покровную культуру (для многолетних бобовых трав), а также при известковании почв под отзывчивые на него культуры: озимую пшеницу, ячмень и др.

Для повышения эффективности известкования, особенно в первые годы, необходимо как можно более тщательно перемешивать внесенную известь с почвой, чего можно добиться при обработке в несколько следов дисковой бороной с последующей запашкой плугом или при обработке почвы фрезой [12, 64].

Имеющийся научно-производственный опыт показывает, что для получения высоких урожаев картофеля кислые почвы следует известковать дозами, обеспечивающими достижение оптимального интервала pH 5,0-5,5, и вносить в них высокие дозы минеральных и органических удобрений. Эффективность известкования при возделывании картофеля значительно повышается при использовании магнийсодержащих известковых удобрений, микроэлементов и повышенных на 20-25% доз калия, что особенно действенно на почвах легкого механического состава. Установлено, что на свежепроизвесткованных почвах картофель слабо поражается паршой, поэтому целесообразно по возможности размещение картофеля в севообороте приближать к началу известкования. При этом в специализированных севооборотах, насыщенных картофелем до 40%, на супесчаных и песчаных почвах рационально снижать дозу извести на 25-50%.

В севооборотах со льном желательно достижение уровня pH_{KCl} 5,3-5,5. При этом известкование в таких севооборотах необходимо сочетать с применением фосфорных, борных, магниевых и повышенных доз калийных удобрений. На произвесткованных почвах и после хороших предшественников (пропашные, под которые вносились органика, оборот пласта многолетних трав и др.) дозу азотных удобрений под лен необходимо уменьшать до 25-30 кг д.в. на 1 га, так как высокие дозы азота способны существенно ухудшить качество льносоломки. Стоит отметить, что положительное действие известкования на лне повышается при использовании магнийсодержащих (доломитовая мука) и силикатных форм извести (сланцевая зола) [8].

В севооборотах с сахарной свеклой и люцерной целесообразно достижение уровня pH_{KCl} 6,0-6,5, для чего рекомендуется применять не только полные по гидролитической кислотности нормы известковых удобрений, но и несколько увеличивать их.

В зоне выщелоченных и оподзоленных черноземов под зернотравянопропашными и зернопропашными севооборотами с одним-двумя полями сахарной свеклы или без нее необходимо поддерживать уровень pH_{KCl} не ниже 5,6-5,8 [12].

Известкование не только оказывает значительное положительное действие на урожай сельскохозяйственных культур, но и улучшает качество получаемой продукции. У зерновых культур повышается

содержание белка, фосфора и магния в зерне, улучшаются его технологические качества. В продукции кормовых культур (однолетние и многолетние травы, кукуруза, подсолнечник и др.) увеличивается содержание белка, каротина, фосфора, кальция и магния [4].

Прифермские и кормовые севообороты. В севооборотах, где возделываются кормовые корнеплоды, люцерна, клевер и другие культуры, особенно чувствительные к повышенной кислотности, необходимо применять полуторные и даже более высокие дозы извести с целью поддержания уровня реакции почвы близким к нейтральному. Урожайность культур в этих севооборотах особенно повышается при проведении известкования в комплексе с применением высоких доз минеральных (макро- и микроэлементы) и органических удобрений. Действие известкования сильнее, особенно на почвах легкого механического состава, при применении доломитовой муки и доломитизированных известняков, а также силикатных форм извести (цементная пыль, сланцевая зола, металлургические шлаки).

Овощные севообороты. Овощные культуры для оптимального роста и развития требуют реакции, близкой к нейтральной, и высокой обеспеченности почвы доступными питательными веществами. Для получения высоких урожаев овощных культур известь необходимо вносить либо в полной, либо в более высокой дозе. Наиболее целесообразно проводить известкование под овощные культуры, особенно чувствительные к кислотности (капуста, столовая свекла, лук, морковь). Эффективность известкования значительно повышается при внесении высоких доз минеральных (макро- и микроудобрения) и органических удобрений. Лучшие формы известковых удобрений для культур овощных севооборотов – магнийсодержащие (доломитовая мука, доломитизированные известняки) и силикатные (сланцевая зола, цементная пыль, металлургические шлаки).

Сенокосы и пастбища. Продуктивность сенокосов и пастбищ резко повышается при внесении извести до оптимальной реакции при коренном их улучшении. На кислых почвах невозможно получать хорошие урожаи бобовых трав (люцерна, клевер, лядвенец), а также ценных злаковых культур (овсяница луговая, тимopheевка, лихосовость луговой, ежа сборная). Без известкования на кислых почвах преимущественно растут малоценные травы (белоус, душистый ко-

лосок, овсяница овечья и др.). Наибольший эффект от известкования на сенокосах и пастбищах получается при применении магнийсодержащих известковых удобрений в сочетании с макро- и микроудобрениями.

При известковании кислых почв повышается урожай и улучшается ботанический состав травостоя сенокосов и пастбищ.

Известкование оказывает положительное влияние на качество получаемой продукции. В травах, выращиваемых на произвесткованной почве, повышается содержание белка, витаминов, кальция, фосфора, магния и других необходимых веществ для создания полноценного рациона сельскохозяйственным животным и получения высококачественной животноводческой продукции.

Для сенокосов и пастбищ характерен продолжительный сенокосный или пастбищный период без повторной обработки почвы. В связи с этим при коренном улучшении сенокосов и пастбищ особое внимание следует уделять равномерному распределению извести в пахотном слое. Для лучшего распределения извести в почве целесообразно первую половину дозы вносить под основную вспашку дернины, а вторую – под предпосевную обработку. Перед посевом трав почву необходимо обработать в несколько следов фрезой или дисковой бороной. Поверхностное известкование сенокосов и пастбищ, нуждающихся в коренном улучшении, малоэффективно и его проводить не следует.

Известкование сенокосов и пастбищ, не требующих коренного улучшения, при наличии в травостое ценных компонентов можно проводить поверхностно (2-3 т/га CaCO_3 при исходном pH ниже 4,8) [12, 64].

3.7. Повторное известкование почв

Внесенная в почву известь для нейтрализации почвенной кислотности выносится с урожаем сельскохозяйственных культур, нейтрализует физиологическую кислотность минеральных удобрений и вымывается из почвы с инфильтрационными водами. Вследствие этого почва постепенно подкисляется, и возникает необходимость в повторном известковании, которая устанавливается по результатам агрохимического обследования территории. Ориентировочные

уровни реакции почвы для повторного известкования представлены в табл. 16 [12].

Таблица 16

**Ориентировочные уровни реакции дерново-подзолистых
и серых лесных почв (pH_{KCl}), нуждающихся
в обязательном повторном известковании**

Почвы	Севообороты					Культурные пастбища и сенокосы	
	полевые с высоким удельным весом льна, картофеля, люпина	полевые с многолетними травами и небольшими площадями льна, картофеля и люпина	с саркозной свеклой	кормовые (прифермские)	кормовые и овощекормовые	злаковые	бобово-злаковые
Песчаные и супесчаные	4,6	4,8	-	5,0	5,0	4,8	5,1
Легко- и среднесуглинистые	4,8	5,0	5,6	5,3	5,3	5,0	5,3
Тяжелосуглинистые и глинистые	5,0	5,2	5,8	5,5	5,5	5,2	5,4
Торфяные	-	4,5	-	4,8	4,8	4,3	4,5

Ориентировочно сроки повторного известкования почв можно определять по балансу кальция в пахотном слое почвы.

Приходные статьи баланса кальция: с известковыми и органическими удобрениями; с подщелачивающими реакцию почвы минеральными удобрениями (фосфоритная мука и др.); с атмосферными осадками.

Расходные статьи баланса кальция: вымывание с инфильтрационными водами на фоне применяемых удобрений и атмосферными осадками с кислой реакцией; нейтрализация почвенной кислотности; вынос с урожаем сельскохозяйственных культур.

Ежегодный вынос кальция и магния с урожаями культурных растений имеет довольно значительные объемы (табл. 17) [10, 12]. Расход извести на нейтрализацию кислотности почвы и потери с инфильтрационными водами зависит от количества выпадающих атмосферных осадков, свойств почвы, доз и форм минеральных удобрений и может в год достигать 500 кг/га и более.

Таблица 17

**Вынос кальция и магния с урожаем сельскохозяйственных культур
(кг на 1 т продукции) в пересчете на CaCO_3**

Культура	CaCO_3	MgCO_3	Сумма карбонатов**
Озимая рожь*	8,8	6,0	14,8
Озимая пшеница*	6,3	6,5	12,8
Яровая пшеница*	5,6	7,8	13,4
Яровой ячмень*	7,7	6,3	14,0
Овес*	9,7	7,2	16,9
Гречиха*	18,0	8,5	26,5
Горох*	31,5	10,0	41,5
Лен-долгунец*	17,1	16,4	33,5
Сахарная свекла (корнеплоды)	2,9	1,3	4,3
Картофель (клубни)	0,5	1,5	2,0
Кормовые корнеплоды	0,5	1,0	1,5
Кормовой люпин (зеленая масса)	2,9	1,5	4,4
Клевер красный (сено)	42,2	19,0	61,2
Люцерна	45,5	7,8	53,3
Многолетние травы (сено)	27,0	12,5	39,5
Однолетние травы (сено)	30,0	10,6	40,6
Капуста	1,3	0,8	2,1
Луговые бобово-злаковые травы (сено)	17,1	10,2	27,3
Луговые злаковые травы (сено)	7,2	5,0	12,2

* Зерно + солома.

** Из производственных почв вынос кальция и магния выше на 10-20%.

3.8. Поддерживающее известкование почв

В зоне избыточного увлажнения на почвах с оптимальным уровнем реакции и степенью насыщенности основаниями проводится поддерживающее известкование с целью компенсации ежегодного выноса извести урожаем, расхода ее на вымывание и нейтрализацию физиологической кислотности минеральных удобрений. В среднем на 1 т азотных удобрений для нейтрализации физиологической кислотности требуется около 1 т извести (табл. 18) [12, 43].

Таблица 18

Примерные дозы CaCO_3 для нейтрализации физиологической кислотности 1 т азотных удобрений

Удобрение	Химическая формула	Доза CaCO_3 , т
Хлористый аммоний	NH_4Cl	1,4
Сульфат аммония	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	1,2 (до 1,7)
Аммиачная селитра	NH_4NO_3	0,75
Аммиак водный	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	0,4
Аммиак безводный	NH_3	1,5
Мочевина	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	0,8

Поддерживающее известкование проводят в условиях интенсивного земледелия при внесении высоких доз минеральных удобрений и повышенных потерях кальция из почвы на фоне промывного или периодически промывного водного режима почв. Потери CaCO_3 при внесении различных туков представлены в табл. 19 [44].

Таблица 19

Ориентировочные потери оснований при внесении минеральных удобрений

Удобрения	Содержание действующего вещества, %			Потери CaCO_3 , кг/кг	
	N	P_2O_5	K_2O	в расчете на д.в.	в расчете на физическую массу
1	2	3	4	5	6
Сульфат аммония	20,5	-	-	6,10	1,25
Аммиачная селитра	34,5	-	-	2,17	0,75

1	2	3	4	5	6
Карбамид (мочевина)	46,0	-	-	1,74	0,80
Хлористый аммоний	26,0	-	-	5,38	1,40
Аммиачная вода	20,5	-	-	2,44	0,50
Аммиак жидкий	82,0	-	-	1,83	1,50
Суперфосфат простой (порошок)	-	18,7	-	1,03	0,19
Суперфосфат простой (гранулы)	-	19,5	-	1,03	0,20
Суперфосфат двойной	-	46,0	-	1,03	0,47
Калийная соль	-	-	40,0	0,53	0,21
Калийная соль	-	-	30,0	0,53	0,16
Комплексные	1	1	1	1,15	-

Дозы извести для поддерживающего известкования определяют по расходной части баланса кальция.

Среднегодовые дозы CaCO_3 для поддерживающего известкования ($D_{\text{п}}$, т/га в год) рассчитываются по следующей формуле

$$D_{\text{п}} = 10 - 3 \cdot (I_{\text{л}} + I_{\text{м}} + I_{\text{в}} - I_{\text{о}}), \quad (6)$$

где $I_{\text{л}}$ – потери CaCO_3 на вымывание из почвы, кг/га в год;

$I_{\text{м}}$ – потери CaCO_3 при внесении минеральных удобрений, кг/га;

$I_{\text{в}}$ – потери CaCO_3 на вынос с урожаем культур, кг/га;

$I_{\text{о}}$ – поступление CaCO_3 с органическими удобрениями, кг/га.

Потери CaCO_3 на вымывание из почвы (кг/га в год) определяют по формуле

$$I_{\text{л}} = 0,036 \cdot (\Sigma K_{\text{л}}/t) \cdot \exp(0,5 \cdot \text{pH}_{\text{ккл}}) \cdot \text{SO} \cdot \text{KY} 1,5 \cdot (1 - 0,01 \cdot \text{Фг}), \quad (7)$$

где t – количество культур севооборота;

$K_{\text{л}}$ – относительный коэффициент потерь оснований по культурам севооборота;

$\text{pH}_{\text{ккл}}$ – кислотность почвы;

SO – годовые осадки, мм;

KY – коэффициент увлажнения;

Фг – содержание физической глины в почве, %.

Потери CaCO_3 при внесении минеральных удобрений за севооборот (кг/га в год) рассчитывают по формуле

$$I_M = D_M \cdot I_M, \quad (8)$$

где D_M – насыщение севооборота минеральными удобрениями (N+P+K), кг д.в./га;

I_M – норматив потерь CaCO_3 в расчете на 1 кг NPK, кг.

Потери CaCO_3 на вынос урожаем культур (кг/га) определяют по формуле

$$I_W = 0,1 \cdot \text{ПР} \cdot \text{WCa}, \quad (9)$$

где ПР – плановая продуктивность севооборота, ц/га;

WCa – нормативы выноса CaCO_3 на единицу продуктивности, кг/т з.е.

Поступление CaCO_3 с органическими удобрениями (кг/га) рассчитывают по формуле

$$I_O = D_O \cdot C_{и}, \quad (10)$$

где D_O – насыщение органических удобрений на участке, т/га;

$C_{и}$ – содержание CaCO_3 в органических удобрениях, кг/т.

Для почв, попадающих в категорию поддерживающего известкования, возможно применение адаптивных приемов, предусматривающих учет характера и интенсивности действия агротехнических приемов.

3.9. Переизвесткование почв

Существующие рекомендации по известкованию на практике не всегда соблюдаются. Часто известкуются почвы под конкретную культуру (чаще корнеплоды) вне зависимости от исходной кислотности, что приводит к негативным последствиям для большинства других культур севооборота. В ряде случаев не соблюдается рекомендуемая доза или не выдерживается ширина прохода агрегатов по полю. Все это может привести к избыточному известкованию поля в целом или отдельных его микроучастков, а в конечном счете – к уменьшению величины урожая и снижению его качества. Простой расчет (путем умножения рекомендуемой дозы на норматив сдвига) показывает, что при соблюдении действующей инструкции максимальные величины pH не превышают 6,5 на суглинистых и супесчаных почвах и 6,0 – на песчаных. В настоящее время почвы с pH более 6,5 составляют более 10 % пашни и более 20 % сенокосов и пастбищ. Часть этих почв, особенно тяжелых или в загрязненной

зоне, не выходит за рамки оптимума рН, но значительную их долю, например все почвы с рН более 7,0, можно с уверенностью отнести к переизвесткованным [4].

При уровне рН, близком к нейтральному, возможно резкое снижение урожайности проса, люцерны и многих других культур [67]. В Германии при группировке почв по степени кислотности выделяется специальная группа 1а, где снижение урожаев составляет 2-3% [68].

Возможный вред переизвесткования может быть обусловлен негативным действием щелочной реакции, гидрокарбонатов калия и натрия; увеличением концентрации почвенного раствора; нейтрализацией корневых выделений с соответствующим снижением усвояющей способности растений; накоплением ядовитых продуктов при резком усилении разложения органического вещества; закреплении фосфора с возможным недостатком фосфорного питания растений; нарушением обычного хода минерализации органического вещества с задержкой на стадии аммиака; биологией растений; нарушением физиологического равновесия раствора из-за преобладания Са. В качестве средств снижения негативного влияния переизвесткования обычно фигурируют две идеи – исправление соотношения Са/Mg и внесение микроэлементов. Проблема такого рода поднималась еще в первой половине XX в. Так, внесение магния в опыте на переизвесткованной почве не нейтрализовало вреда, но микроэлементы оказывали положительное действие [4]. Переизвесткование сказывается в первую очередь на генеративных органах растений. В целом необходимо отметить, что наличие состояния переизвесткованности – явление временное и с течением времени будет происходить естественное подкисление и снижение негативного влияния щелочной среды. Следует по возможности использовать микроудобрения на почвах с высоким рН, но главное – необходимо строго соблюдать рекомендуемые дозы внесения.

4. МАШИННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗВЕСТКОВАНИЯ ПОЧВ

Основными критериями в выборе технологии и системы машин для известкования почв являются вид и физико-механические свойства используемых известковых удобрений. В настоящее время выделяют два типа технологических схем и соответствующих им систем машин для механизации работ по известкованию почв. Одна из этих технологических схем обеспечивает механизацию работ по внесению пылевидных известковых удобрений, другая – непылящих [4, 47]. Каждая из этих технологических схем, как правило, имеет несколько частных вариантов.

Технология внесения пылевидных известковых удобрений. Широкое и эффективное использование пылевидных (аэрируемых) известковых удобрений вызвало появление технологии известкования кислых почв с использованием пневматических машин и оборудования.

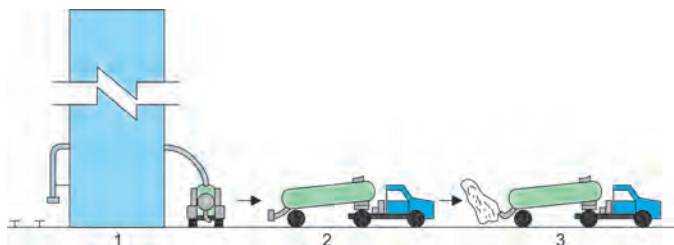
Для хранения пылевидных известковых удобрений используют склады силосного типа. Проектами складов предусмотрена комплексная механизация по выгрузке материалов из железнодорожных вагонов и погрузке их в автомобильный транспорт.

Складской комплекс включает в себя емкость, состоящую (в зависимости от вместимости склада) из двух, четырех или шести силосных емкостей вместимостью 500 т каждая; компрессорную станцию, размещенную в отдельном здании; приемное устройство, состоящее из помещения для пневморазгрузчика, железобетонного приемка с подрельсовым бункером и помещения для вакуум-насоса; площадку с твердым покрытием для проезда автотранспорта под загрузку.

При работе с пылевидными известковыми удобрениями применяются прямоточная и перегрузочная технологические схемы их доставки и внесения.

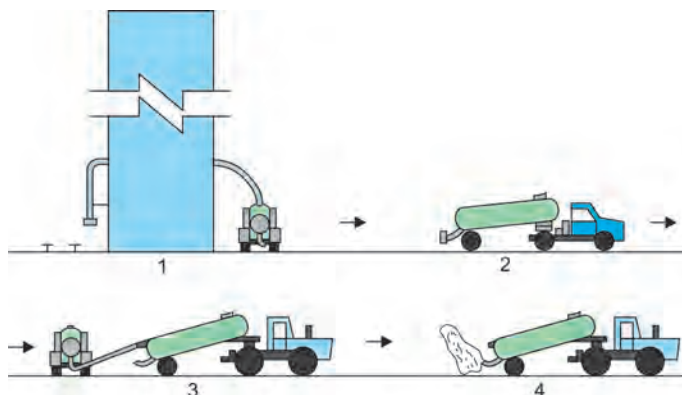
При прямоточной технологии (рис. 2) на заводе-поставщике пылевидный известковый материал из специальных силосных башен с помощью пневматических устройств или самотеком загружают в автомобильные разбрасыватели типа АРУП-8 (МТП-10), которые

транспортируют удобрения к месту внесения и осуществляют рас-
сев пылевидных удобрений по поверхности почвы обрабатываемых
полей. Данная технология применима в отдельные периоды года при
работе на полях с сухой и слабоувлажненной почвой. Поэтому часто
возникает необходимость перегрузки удобрений из машин, доста-
вивших удобрение с завода на поле, в машинно-тракторные агрега-
ты (МТА) – разбрасыватели типа РУП-8 (РУП-10) (рис. 3), после чего
МТА производит рассев удобрений по полю, т.е. работы по доставке
и внесению удобрений производятся по перегрузочной технологии.



*Рис. 2. Технологическая схема с использованием автомобильных
разбрасывателей при прямых перевозках:*

1 – погрузка на заводе; 2 – перевозка; 3 – рассев



*Рис. 3. Технологическая схема с использованием автомобильных
и тракторных разбрасывателей при прямых перевозках:*

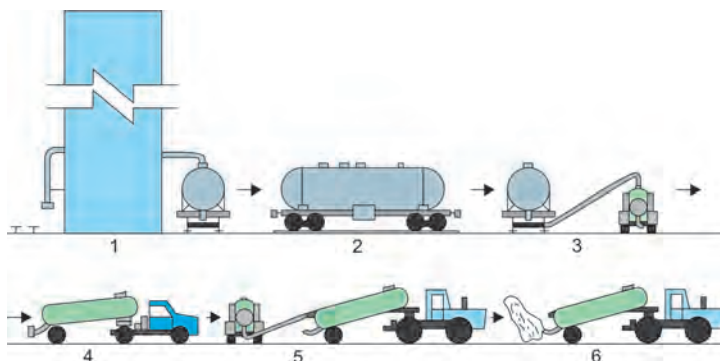
1 – погрузка на заводе; 2 – перевозка;

3 – перегрузка в тракторный агрегат; 4 – рассев

Экономически обоснованное расстояние прямых перевозок удобрений для этих двух схем ограничено радиусом, не превышающим 90-110 км. Для более дальних расстояний следует использовать железнодорожный транспорт, а именно специальные вагоны-цистерны, которые загружают на заводе-поставщике, а разгружают на прирельсовых пунктах разгрузки с помощью мобильных или стационарных компрессорных станций в машины для транспортировки на поля (рис. 4) или силосные склады (рис. 5).

Прямые перегрузки из железнодорожных цистерн в автоцементовозы требуют исключительно четкой организации работ, не допускающей задержек подачи машин, поломок и др., так как это ведет к неизбежному простоям железнодорожных цистерн, повышая стоимость проводимых работ. Во избежание указанных инцидентов в системе доставки предусматриваются склады для временного хранения удобрений.

В зависимости от расстояния перевозок и почвенно-климатических условий представленные схемы могут иметь частные упрощенные или, наоборот, более сложные варианты.



*Рис. 4. Технологическая схема
с использованием железнодорожных перевозок:
1 – погрузка на заводе; 2 – перевозка по железной дороге;
3 – перегрузка в автотранспорт; 4 – перевозка;
5 – перегрузка в тракторный агрегат; 6 – рассев*

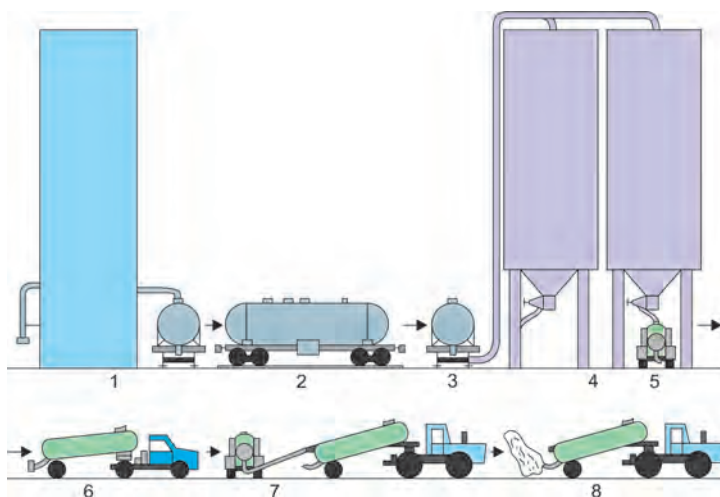


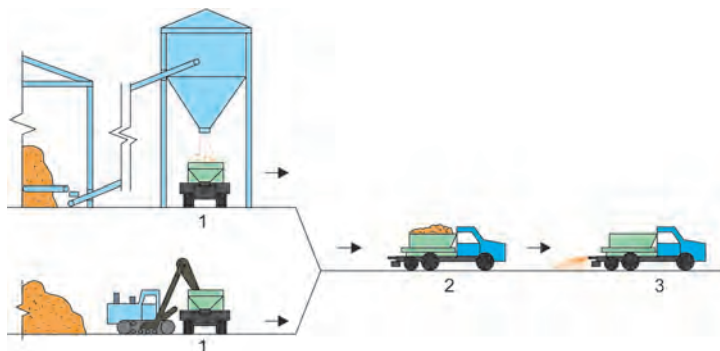
Рис. 5. Технологическая схема с использованием прирельсовых складов:

- 1 – погрузка на заводе; 2 – перевозка по железной дороге;*
- 3 – перегрузка на склад силосного типа; 4 – хранение на складе;*
- 5 – погрузка в автотранспорт; 6 – перевозка; 7 – перегрузка*
в тракторный агрегат; 8 – рассев

Технология внесения непылящих известковых удобрений. Для доставки и внесения данных удобрений используются следующие технологические схемы: прямоточная, перегрузочная и перевалочная. Для погрузки извести в бункеры используются погрузчики типов ПЭ-Ф-1Б/БМ, ПЭ-Ф-1А, ПЭА-1,0, ПНБ-1200 «Геракл», TURS 2000, СНУ-550, ПКУ-0,8А, ПФП-1,2, ПГ-0,2А и др. В условиях складских и буртовых площадок целесообразно использовать современные высокопроизводительные телескопические погрузчики типов SCORPION 1033-635, JCB 560-80.

При использовании прямоточной технологической схемы (рис. 6) непылящие известковые удобрения загружаются на заводе-поставщике или в карьере в тракторные или автомобильные разбрасыватели, которые транспортируют удобрения до поля и сами рассеивают их. Прямоточная технология имеет ограниченное применение. Так,

например, использование тракторных разбрасывателей (типа МВУ-5А, МВУ-8 и др.) экономически оправдано при радиусе перевозки известковых удобрений до 3 км, а автомобильных (типа КСА-3) – до 12-15 км. Расширение возможностей применения прямоточной технологии может быть частично достигнуто посредством создания разбрасывателей бóльшей грузоместимости. Данная технология, как правило, осуществима лишь в условиях наличия по соседству с хозяйством предприятий по выпуску известковых удобрений.

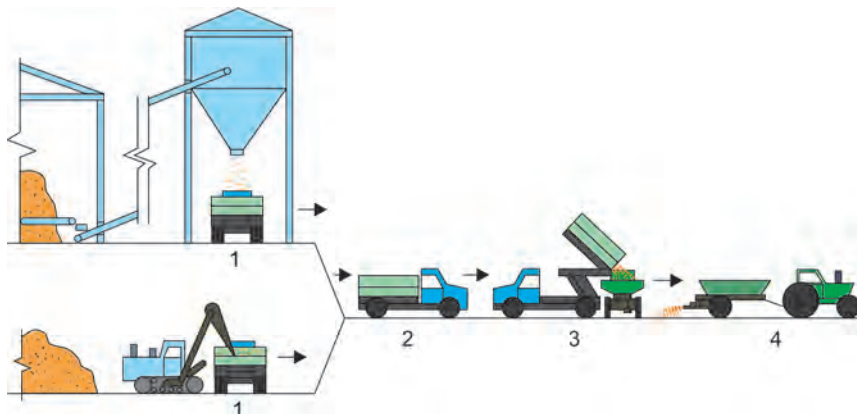


*Рис. 6. Технологическая схема доставки и внесения непылящих известковых удобрений при прямых перевозках:
1 – погрузка на заводе или в карьере; 2 – перевозка; 3 – рассев*

Широкое распространение получила прямоточная технология внесения известковых удобрений с использованием высокопроизводительной машины центробежного типа МХА-7 на автомобильной тяге Урал-5557. При использовании этого агрегата на транспортировку и внесение извести по прямоточной технологии радиус перевозки может быть увеличен до 20-25 км. В настоящее время для реализации прямоточной технологии промышленностью выпускается автомобиль химизации специальный МАЗ МХС-10 с платформой для внесения известковых материалов на базе самоходного шасси МАЗ 631 705-264.

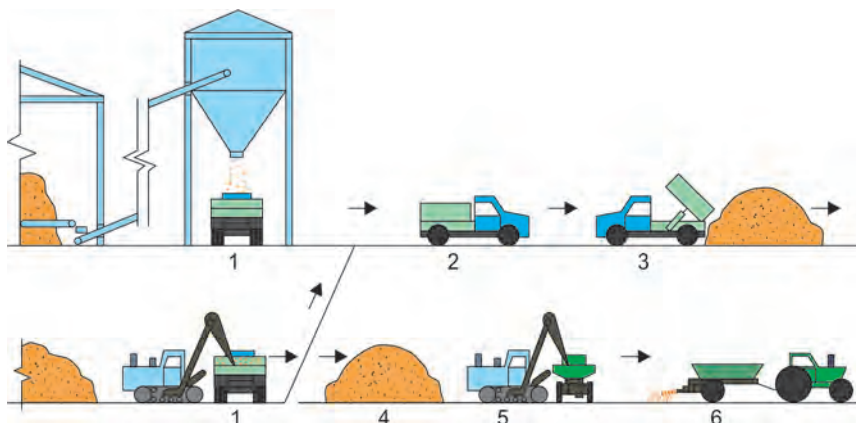
Реализация перегрузочной технологии осуществляется путем использования для перевозки непылящих известковых удобрений автомобилей-самосвалов с предварительным подъемом кузова (на-

пример, ГАЗ-САЗ-2504) (рис. 7) или оснащённых дополнительным выгрузным устройством (например, КамАЗ-65115 с кузовом 4590Е1 с загрузчиком АЗПМ-30). Данные автомобили способны сразу перегружать удобрение из кузова самосвала в кузов тракторного разбрасывателя, исключая необходимость присутствия на поле отдельного погрузчика. Данная технология в настоящее время практически не находит применения из-за недостатка перегрузчиков.



*Рис. 7. Технологическая схема доставки и внесения непылящих известковых удобрений при прямых перевозках с использованием на внесении тракторных агрегатов:
1 – погрузка на заводе или в карьере; 2 – перевозка;
3 – перегрузка в тракторный разбрасыватель; 4 – рассев*

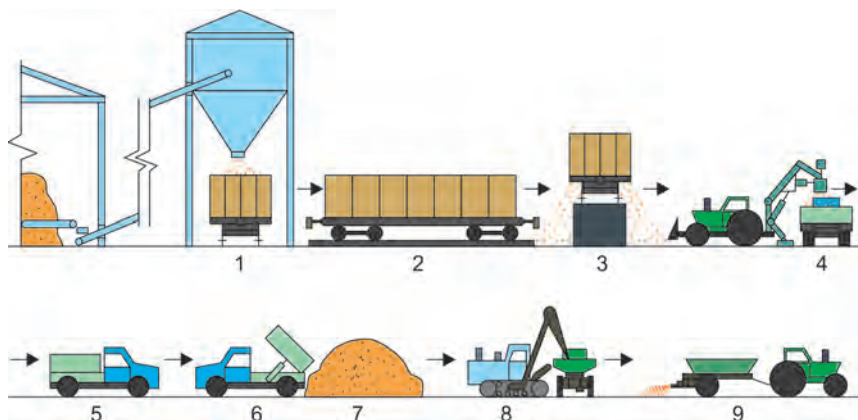
При перевалочной технологии полученная на заводе-изготовителе слабопылящая известняковая мука и добытые в карьере местные известковые удобрения загружаются в автосамосвалы или тракторные прицепы с помощью тракторных погрузчиков или экскаваторов (рис. 8). Далее удобрения доставляются транспортными средствами к месту известкования и сгружаются в бурты рядом с полем или непосредственно на нем, откуда тракторными погрузчиками загружаются в разбрасыватели кузовного типа, которые и производят их рассев по полю.



*Рис. 8. Технологическая схема доставки и внесения
непылящих известковых удобрений с хранением материала в буртах
в поле:*

- 1 – погрузка на заводе или в карьере; 2 – перевозка; 3 – выгрузка в поле;
4 – хранение в буртах; 5 – погрузка в тракторный разбрасыватель;
6 – просев*

Наиболее сложная технологическая схема внесения непылящих известковых удобрений включает в себя железнодорожные и речные перевозки. При использовании железнодорожного транспорта (рис. 9) на заводе-поставщике известковые удобрения грузятся в крытые вагоны или полувагоны. Доставленное на станцию удобрение выгружается на склад или площадку хранения. Далее с помощью погрузчиков мелиоранты загружают в автомобили-самосвалы (КамАЗ 55102 + ГКБ-8527, ЗИЛ-ММЗ-554М + ГКБ-819), которые доставляют их в поле на специально подготовленную буртовую площадку, расположенную на краю поля. Из буртов мелиоранты загружаются погрузчиками в агрегаты для внесения (МТЗ-892 + МВУ-5А, БТЗ-245К + МВУ-8, МТЗ-892 + 1РМГ-4), которые работают только на данной операции. Недостаток способа – потери известковых удобрений при транспортировке, хранении, погрузочно-разгрузочных работах.



*Рис. 9. Технологическая схема доставки и внесения
непылящих известковых удобрений при смешанных
железнодорожно-автомобильных перевозках:*

- 1 – погрузка на заводе; 2 – перевозка по железной дороге; 3 – разгрузка на открытую площадку; 4 – погрузка в автотранспорт; 5 – перевозка; 6 – выгрузка в поле; 7 – хранение в буртах; 8 – погрузка в тракторный разбрасыватель; 9 – рассев*

Стоит отметить, что для реализации всех вышеперечисленных технологий внесения непылящих известковых удобрений в настоящее время активно используется фасовка в мешки массой 30 и 50 кг, а также в упаковку типа «биг-бег» (от англ. big bag) массой 800-1500 кг. Мелкие упаковочные единицы, как правило, востребованы личными подсобными хозяйствами, а крупные – сельскохозяйственными товаропроизводителями.

Затаренные известковые материалы доставляются обычно длинномерными фурами со склада завода-изготовителя или регионального торгового представителя на склады сельскохозяйственных организаций, где разгружаются и складываются с помощью тракторных погрузчиков. При небольших объемах известкования и наличии подъездных путей с устойчивым покрытием применяется выгрузка известковых удобрений сразу на краю обрабатываемой площади с последующей загрузкой в тракторные разбрасыватели для внесения.

Загрузка из «биг-бегов» осуществляется посредством подъема упаковки над бункером разбрасывателя с помощью тракторного погрузчика за специальные лямки, после чего через специальный клапан осуществляется выгрузка материала. Опустошенную тару, как правило, можно использовать повторно, в хозяйствах ее часто применяют для загрузки семенного материала.

Таким образом, как и при внесении пылевидных известковых удобрений, технология внесения непылящих известковых удобрений определяется их видом, расстоянием перевозок и почвенно-климатическими условиями зоны, в которой производятся работы.

Для эффективной реализации всех перечисленных технологий известкования почв необходим строгий контроль равномерности внесения известковых удобрений, который осуществляют путем учета высеянного количества мелиоранта после прохода агрегата. Для этих целей используют металлические противни размером 0,5×0,5 м или специальные полиэтиленовые полосы с ячейками размером 0,5×0,5 м, а также брезент или полиэтиленовую пленку, которые укладывают по ширине захвата разбрасывателя. Степень неравномерности внесения мелиоранта не должна быть более $\pm 25\%$ от заданной нормы. При этом неустойчивость фактической нормы внесения должна быть не более $\pm 10\%$ от заданной [69].

Известкование кислых почв выполняется двумя комплексами машин, один из которых предназначен для транспортировки, хранения и внесения пылевидных известковых удобрений, второй – для непылящих известковых удобрений. Систему образуют средства механизации, взаимосвязанные между собой при выполнении всего технологического процесса. В рамках текущего раздела необходимо представить основные современные образцы технических средств, используемых в процессе транспортировки и внесения известковых удобрений (рис. 10-22).

Большинство машин, применяемых при известковании, особенно непылящими известковыми материалами, универсальны с точки зрения возможности их использования в процессе внесения минеральных удобрений. Поэтому при небольших объемах известкования хозяйствам целесообразно использовать имеющиеся машины, например, марок 1РМГ-4, РУМ-8 и др.

*Рис. 10. Вагон-цистерна
для перевозки цемента
(мод. 15-1267)*



Используется для транспортировки и разгрузки пылевидных известковых удобрений. Центральная часть котла оборудована разгрузочным узлом, через который осуществляется выгрузка содержимого на любую из сторон вагона или одновременно на две стороны. На котле смонтирован пульт управления разгрузкой с патрубком подвода сжатого воздуха, распределительным коллектором и системой запорных кранов. Разгрузка вагона осуществляется с помощью сжатого воздуха давлением 2 кгс/см^2 [70].

Техническая характеристика

Грузоподъемность, т	60
Объем кузова (полный), м ³	52
Масса тары, т	26
Срок службы, годы	30

*Рис. 11. Вагон-хopper
для перевозки минеральных
удобрений (мод. 19-1244)*



Используется для транспортировки и разгрузки непылящих известковых удобрений. Изготовлен из сплава 1565ч, обеспечивающего оптимальное сочетание прочности и пластичности. За счет устойчивости к агрессивным средам позволяет транспортировать

минеральные удобрения, кальцинированную соду и более 50 других видов грузов [71].

Техническая характеристика

Грузоподъемность, т	78
Объем кузова (полный), м ³	109
Масса тары, т	22
Срок службы, годы	32



*Рис. 12. Распределитель
доломитовой муки
и минеральных удобрений
УРМ-10М*

Предназначен для поверхностного внесения в почву известковых материалов, доломитовой муки и гранулированных минеральных удобрений. Агрегируется с тракторами не менее 3 тягового класса [72].

Техническая характеристика

Вместимость бункера, м ³	8,6
Тип разбрасывателя	тарельчатый
Рабочая скорость, км/ч	20
Плотность посыпки (в зависимости от материала), г/м ²	10-500



*Рис. 13. Машина для внесения
пылевидных химмелиорантов
МШХ-9*

Предназначена для поверхностного внесения известковых удобрений (доломитовая мука и др.). Имеет привод от ВОМ трактора и состоит из шасси на колесном ходу «тандем», кузова, распределяющих шнековых штанг, дозирующего механизма, питающих транспортеров. Кожух штанги выполнен в виде трубы круглого сечения, в которой расположен шнек. Регулировка доз внесения производится изменением скорости движения агрегата, а также высоты подъема заслонки шиберного дозатора [73].

Техническая характеристика

Производительность в час сменного времени, га/т	9 (36)
Грузоподъемность, т	12
Ширина распределения, м	9,5
Диапазон доз внесения удобрений, т/га	3-60
Рабочая скорость, км/ч	6-12

*Рис. 14. Рассеиватель
минеральных удобрений
РУ-7000-1*



Предназначен для транспортировки и поверхностного внесения твердых минеральных удобрений, известковых материалов и химических мелиорантов. Имеет привод подающего транспортера от колеса машины, что обеспечивает синхронизацию подачи рабочего продукта как от скорости движения машины, так и от ВОМ трактора, а также ручную настройку на вид рабочего продукта и требуемую дозу внесения [74].

Техническая характеристика

Производительность, га/ч	16-24
Грузоподъемность, т	до 8
Рабочая ширина внесения, м	15-24
Рабочая скорость, км/ч	12
Трактор, класс тяги	2



*Рис. 15. Рассеиватель
минеральных удобрений
PMU-8000*

Предназначен для транспортировки и поверхностного внесения минеральных удобрений, известковых материалов (дефекат, доломитная мука). Может использоваться для подкормки сельскохозяйственных культур, а также для внесения куриного помета, перегноя и др. При внесении пылевидных удобрений может комплектоваться шнековой приставкой шириной захвата 6 или 9 м. Благодаря высокой грузоподъемности возможно загружать до 10 т удобрений. Для более точного внесения может быть установлен навигатор «Матрикс 570G» [75].

Техническая характеристика

Показатели	PMU-8000	PMU-8000A
Тип агрегатирования	Полуприцепной	Монтируемый
Требуемая мощность, л.с.	120-150	
Базовое шасси	-	КамАЗ, Урал
Ширина внесения дефеката, доломитовой муки, м	8-10	

*Рис. 16. Автомобиль
химизации специальный
МАЗ МХС-10*



Автомобиль химизации специальный МАЗ МХС-10 с платформой для внесения известковых материалов и минеральных удобрений на базе самоходного шасси МАЗ 631 705-264 со съемным кузовом предназначен для транспортировки и поверхностного внесения пылевидных химических мелиорантов [76].

Техническая характеристика

Производительность, га/ч	3,7
Грузоподъемность, т	12
Рабочая ширина внесения, м	8-14
Рабочая скорость, км/ч	6-12
Транспортная скорость, км/ч	до 60

*Рис. 17. Погрузчик-экскаватор
грейферный ПЭ-Ф-1Б/БМ*



Предназначен для строительных, землеройных, погрузочно-разгрузочных работ на предприятиях промышленного участка и народно-

го хозяйства. Экскаватор комплектуется бульдозерным регулируемым отвалом, экскаваторным ковшом, грейфером для сыпучих материалов, манипулятором гидравлическим с вильчатым грейфером [77].

Техническая характеристика

Грузоподъемность (на крюке), кг, не менее	1000 (750)
Объем грейфера, м ³	0,56
Высота погрузки, м	3,70
Рабочий сектор	160°



*Рис. 18. Погрузчик навесной
быстросъемный ПНБ-1200
«Геркл»*

Предназначен для погрузки различных сельскохозяйственных грузов в транспортные средства, а также для дорожно-строительных работ, в том числе уборки снега. Может комплектоваться 20 навесными приспособлениями для выполнения самых разнообразных операций [78].

Техническая характеристика

Грузоподъемность, кг	до 1200
Рабочая скорость, км/ч	до 6
Высота подъема, м	до 4
Масса, кг	690

Рис. 19. Фронтальный
быстростъемный погрузчик
навесной TURS 2000



Предназначен для погрузки различных сельскохозяйственных грузов (сено, солома, навоз, минеральные и известковые удобрения, песок и др.) в транспортные средства, смесительные установки и машины для внесения удобрений, механизации внутрискладских работ с затаренными и незатаренными грузами, а также для выполнения легких планировочных работ [79].

Техническая характеристика

Грузоподъемность, кг	до 2000
Максимальная высота подъема, м	до 3,74
Агрегатирование с тракторами тягового класса	1,4-2
Масса, кг	900

Рис. 20. Погрузчик-стогоме-
татель СНУ-550



Предназначен для погрузки различных сельскохозяйственных грузов (сено, солома, силос, навоз, минеральные и известковые удобрения, песок и др.) в транспортные средства, смесительные уста-

новки и машины для внесения удобрений, перевозки и укладки в скирды рулонов и копен сена, соломы [80].

Техническая характеристика

Грузоподъемность, кг	до 800
Производительность при скирдовании сена, т/ч	10
Высота подъема, м	до 6
Масса с грабельной решеткой, кг	1170



*Рис. 21. Телескопический
погрузчик
SCORPION 1033-635*

Предназначен для погрузки и штабелирования различных видов сельскохозяйственных грузов [81].

Техническая характеристика

Высота подъема, м	6,13-9,75
Грузоподъемность, т	3,2-4,1
Мощность двигателя, кВт/л.с.	100/136
Максимальная скорость, км/ч	30
Производительность гидросистемы, л/мин	106

Рис. 22. Телескопический погрузчик JCB 560-80



Предназначен в первую очередь для работы на больших складах и элеваторах, на сахарных заводах и базах химических удобрений для перегрузки и буртования сыпучих материалов, транспортировки и складирования сахарной свеклы и «биг-бегов», а также для погрузки бортовых машин с любой высотой бортов. Погрузчик также осуществляет работы с силосом и навозом и другие многочисленные подсобные работы [82].

Техническая характеристика

Высота подъема, м	до 7,9
Грузоподъемность, т:	
максимальная	6
при максимальном вылете	1,5
Мощность двигателя, кВт/л.с.	108/145
Максимальная скорость, км/ч	40

При наличии соответствующей материально-технической базы и особо крупных объемах централизованного известкования возможно проведение химической мелиорации непылящими известковыми материалами с помощью средств гражданской авиации, например, самолетов типа АН-2, имеющих бункер для сыпучих веществ вместимостью 1450 л. Для загрузки таких машин применяется специальный ковш, представленный на рис. 23.



Рис. 23. Ковш для загрузки удобрений в самолеты

Предназначен для загрузки минеральных и известковых удобрений в баки самолётов АН-2, АН-2М на временных и постоянных аэродромах. Монтируется и устанавливается на погрузчик СШР-0,5 с тракторами тягового класса 1,4. Комплектуется страховочной штангой. Обслуживается одним трактористом и двумя вспомогательными рабочими [83].

Техническая характеристика

Вместимость ковша, м ³	1,45
Масса, т	0,24

В настоящее время имеется достаточное количество отечественных технических средств для внесения известковых материалов, отвечающих современным требованиям к технике, многие из них способны взаимодействовать с навигаторами, обеспечивая наиболее точное соблюдение технологии и норм внесения, все они могут быть рекомендованы для реализации технологий известкования. Для обеспечения наибольшей эффективности известкования в рамках импортзамещения целесообразно выпускать отечественные высокопроизводительные телескопические погрузчики, которые в основном представлены импортной техникой типов SCORPION 1033-635, JCB 560-80. Реализация перегрузочной технологии в настоящее время практически не находит применения из-за недостатка перегрузчиков, по данному сегменту также крайне необходимы разработка и выпуск отечественных технических средств.

Для обеспечения продовольственной независимости и стабильного роста производства сельскохозяйственной продукции за счет повышения урожайности производителям технических средств для внесения извести необходимо внедрять и модернизировать отечественную технику, а сельхозпроизводителям вносить известковые материалы, максимально избегая технологических нарушений, обуславливающих недостаточную эффективность известкования в производственных условиях.

5. РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ И ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЕСТКОВАНИЯ ПОЧВ

Многочисленные экспериментальные данные, полученные в разных странах, убедительно свидетельствуют о высокой эффективности известкования как приема повышения урожайности сельскохозяйственных культур, улучшения их качества, повышения рентабельности сельскохозяйственного производства. Вместе с тем эффективность известкования существенно зависит от доз, форм извести, способов ее внесения, свойств конкретного объекта химической мелиорации, технических особенностей проведения работ [1, 4, 7, 25, 84-86].

Недостаточная эффективность известкования в производственных условиях объясняется, как правило, ограниченностью ресурсов извести, недостатком складских помещений, несовершенством технических средств внесения извести в почву и технологическими нарушениями. Так, например, увеличение ширины захвата разбрасывателей пылевидных удобрений с 5-6 до 9-12 м приводит к увеличению неравномерности внесения мелиоранта до 50% и более [15].

Основные агротехнические требования к известкованию почв относятся в первую очередь к пылевидной доломитовой муке, на долю которой приходится около 95-97% всех мелиорантов. Для известкования кислых почв допустимо применять любые известковые материалы из твердых или мягких пород, промышленные или местные, но их физические свойства должны обеспечивать возможность качественного внесения существующими разбрасывателями в требуемых дозах, а стоимость всего комплекса работ по применению мелиоранта не должна превышать стоимости этих работ с применением доломитовой муки. Только в этом случае целесообразно рассматривать вопрос о финансировании работ за счет государственного бюджета.

В настоящее время наиболее перспективными в этом плане являются дефекат и сырломотый доломит. Высокая агрономическая эффективность и экономичность дефеката продемонстрированы во

многих исследованиях, единственным существенным ограничением его применения является узость ареала распространения, так как его перевозка железнодорожным транспортом не отработана и резко повышает стоимость известкования, а автомобильным транспортом в зависимости от конкретных условий рентабельна лишь на расстояние в несколько десятков километров [4].

Широкое применение сыромолотого доломита, энергозатраты на производство которого примерно вдвое ниже, чем на производство доломитовой муки, пока сдерживается отсутствием отлаженной технологии его производства и недостатком повышенных железнодорожных путей, которые необходимы для его разгрузки. Но в целом этот путь имеет серьезную перспективу. Так, например, в Германии практически полностью перешли на технологию использования известковых мелиорантов из твердых горных пород в сыромолотом виде [87]. Такая известь (обычно известняк, реже доломит) имеет влажность до 3-7%, содержит 80% частиц размером менее 0,3 мм и 100% – менее 1 мм. Основные достоинства – возможность внесения в любую ветреную погоду без пыления, более простая система транспортировки, отсутствие большой проблемы с хранением.

Так, в условиях Беларуси был проведен комплекс научных исследований, показавший набор технологических преимуществ сыромолотых форм известковых материалов, в частности, доломита. Главное преимущество сводится к упрощению системы транспортировки и внесения, облегчению хранения (известковые материалы влажностью 6-12% не смерзаются), снижению себестоимости мелиоранта. Кроме того, сыромолотый доломит имеет несомненные экологические преимущества, так как не образует пыли и позволяет избежать резких скачков кислотности почвы, что важно в целях предотвращения переизвесткования при проведении поддерживающего известкования [4, 85].

Выделяется мелиоративное (основное) известкование – на почвах I и II групп кислотности и поддерживающее, рассчитанное на компенсацию подкисляющих факторов на почву при относительно благоприятном исходном уровне кислотности, – на почвах III и IV групп по типам севооборотов в зависимости от их насыщения кальциефобными и кальциефильными культурами. Поэтому первоочередное из-

весткование надлежит проводить на почвах наиболее потенциально плодородных и кислых, где достигается наивысший эффект.

Агрохимическая и экономическая эффективность известкования кислых почв может быть обеспечена только при равномерном распределении извести по поверхности почвы при последующей ее заделке. Полевые измерения неравномерности известкования в производственных условиях с последующим учетом урожая и математической обработкой полученных данных показали [88], что неравномерность распределения извести существенно снижает ее эффективность.

Произвесткованный участок должен отвечать следующим требованиям: отклонение от заданной дозы не более + 10%; для пневматических разбрасывателей при неравномерности внесения извести до 30% качество работ считается отличным; при неравномерности 31-40 – хорошим; 41-50 – удовлетворительным; свыше 50% – работа бракуется; для центробежных разбрасывателей при неравномерности внесения извести до 25% качество работ считается отличным; при неравномерности 26-35 – хорошим; 36-45 – удовлетворительным; свыше 45% – работа бракуется; отсутствие огрехов при рассеивании извести, просевов, скоплений известковых удобрений в местах их хранения и перегрузки; соблюдение установленной ширины рассеива, параллельности между смежными проходами.

Особо важную роль играет соблюдение ширины и параллельности проходов машин при внесении извести по полю. Производственные замеры с последующей обработкой данных позволили разработать специальную таблицу увеличения неравномерности внесения в зависимости от этих параметров (табл. 20) [4, 15].

Известковые удобрения в почве лучше всего распределяются при заделке их дисковыми боронами или под предпосевную культивацию.

Независимо от вида разбрасывателя мелиоранты вносятся поверхностно по поверхности поля, но очень важна скорейшая заделка. В течение нескольких дней известь должна быть как можно равномернее перемешана с пахотным слоем, глубокая заделка (в подпахотный слой) нецелесообразна.

**Влияние на неравномерность внесения извести
колебаний рабочей ширины захвата, %**

Максимальная разница ши- рины захвата, м	Заданная ширина захвата, м								
	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1,0	2,3	1,1	0,3	-	-	-	-	-	-
1,5	5,3	3,5	2,3	1,5	1,0	-	-	-	-
2,0	8,3	5,9	4,3	3,2	2,2	1,6	1,1	-	-
2,5	11,4	8,3	6,3	4,9	3,7	2,9	2,3	1,7	1,1
3,0	14,4	10,9	8,3	6,6	5,3	4,3	3,5	2,8	2,3
3,5	17,4	13,2	10,4	8,3	6,8	5,6	4,7	3,9	3,3
4,0	20,4	15,6	12,4	10,1	8,3	7,0	5,9	5,0	4,3
4,5	23,5	18,0	14,4	11,8	9,8	8,4	7,1	6,1	5,3
5,0	26,5	20,4	16,4	13,5	11,4	9,7	8,3	7,2	6,3
6,0	-	25,3	20,4	17,0	14,4	12,4	10,8	9,4	8,3
7,0	-	-	24,5	20,4	17,4	15,1	13,2	11,6	10,4
8,0	-	-	-	23,9	20,4	17,8	15,6	13,8	12,4
9,0	-	-	-	27,4	23,5	20,4	18,0	16,0	14,4
10,0	-	-	-	-	26,5	23,1	20,4	18,2	16,4
11,0	-	-	-	-	-	25,8	22,9	20,4	18,4
12,0	-	-	-	-	-	-	25,3	22,6	20,4

Основными положениями современной ресурсосберегающей системы известкования являются: допустимость поддерживающего известкования в зимний период; гибкое использование технологий внесения извести (прямоточная, перегрузочная, перевалочная) в зависимости от вида мелиоранта и расстояния до известкуемого поля; обеспечение максимально возможной равномерности распределения известкового мелиоранта по поверхности поля путем строгого соблюдения рекомендуемой ширины прохода агрегатов.

Известкование кислых почв в зоне радиоактивного загрязнения является важной мерой по снижению поступления радионуклидов в растениеводческую продукцию. В целях скорейшей оптимизации

реакции среды на почвах данной зоны следует использовать повышенные дозы извести согласно действующей инструкции, рассчитанные по расходу CaCO_3 для достижения оптимального уровня кислотности почвы и дифференцированные по уровню радиоактивного загрязнения, виду сельскохозяйственных угодий, гранулометрическому составу почв и содержанию гумуса.

К загрязненным радионуклидами почвам, на которых требуется дополнительное внесение известковых удобрений, относятся почвы с уровнем загрязнения 1-40 Ки/км² по цезию-137 и 0,15-3 Ки/км² по стронцию-90. При этом для уровня загрязнения 1-4,9 Ки/км² по цезию-137 или 0,15-0,29 Ки/км² по стронцию-90 дозы известковых мелиорантов увеличиваются только на торфяных почвах и дополнительно известкуются рыхлосупесчаные почвы с pH_{KCl} 5,51-5,75 и связносупесчаные с pH_{KCl} 5,51-6,00. При уровне загрязнения 5-40 Ки/км² по цезию-137 или 0,30-3 Ки/км² по стронцию-90 дозы известковых удобрений устанавливаются из требования доведения реакции почвенной среды до оптимального уровня за один прием [4].

Основной целью известкования в загрязненной радионуклидами зоне является не энергосбережение и наибольшая удельная отдача от извести, а максимально возможное снижение поступления радионуклидов в растениеводческую продукцию.

Важным способом сокращения реальных ресурсозатрат может стать применение менее энергоемких по сравнению с доломитовой мукой видов известковых мелиорантов, например, сыромолотого доломита, известняковой муки (отходы крупных строительных комбинатов), местного дефеката.

Ресурсозатраты на производство сыромолотого доломита на 50-55% ниже, чем доломитовой муки; он имеет экологические преимущества: снижаются потери Ca и Mg от вымывания и запыленность воздуха; его можно вносить любыми центробежными разбрасывателями. По сравнению с доломитовой мукой даже с учетом пониженной нейтрализующей способности и повышенной влажности общие энергозатраты на весь комплекс работ по использованию сыромолотого доломита на 30% ниже.

Поскольку около половины затрат на известкование почв доломитовой мукой падает на ее стоимость и перевозку по железной до-

роге, то применение местных известковых удобрений существенно дешевле.

В районах, прилегающих к сахарным заводам, потенциально перспективным с экологической, энергетической и экономической точек зрения известковым мелиорантом является дефекат. Суммарные затраты на его применение «франко-почва» (сушка до 20-30%, сгребание и перемещение на край площадки, буртование, погрузка, транспортировка до поля, внесение) примерно в 2 раза меньше, чем при известковании почв доломитовой мукой.

В перспективе ассортимент известковых мелиорантов может быть расширен за счет использования известьесодержащих отходов комбинатов строительных материалов и ТЭЦ.

Использование оптимальных доз известковых мелиорантов является одной из важнейших составляющих современной ресурсосберегающей системы известкования почв. В незагрязненной радионуклидами или тяжелыми металлами зоне, т.е. на подавляющем большинстве почв нашей страны, основным направлением в выборе доз известки является получение максимальной агрономической и энергетической отдачи. Обобщение имеющегося экспериментального материала убедительно показало целесообразность использования рекомендуемых доз CaCO_3 в большинстве своем близких к рассчитанным по гидролитической кислотности. Именно рекомендуемые дозы обеспечивают наиболее высокую удельную прибавку урожая и окупаемости 1 т CaCO_3 . Дифференциация доз определяется исходной кислотностью и буферностью почв, выражаемой на минеральных почвах через учет гранулометрического состава и содержания гумуса. В рамках ресурсосберегающей технологии очевидна нецелесообразность ускоренной оптимизации кислотности почв, кроме экологически нарушенных земель.

Рекомендуемые дозы рассчитаны на длительный срок действия – до 10 и более лет. Хотя в литературе имеются отдельные данные о повышенной эффективности дробного внесения, когда оно обеспечило примерно на 0,1 т к.е./га более высокую прибавку урожая по сравнению с однократным, но чаще оно не имеет преимуществ перед однократным [89, 90]. Так как при дробном внесении возрастают затраты на известкование за счет более высоких затрат живого труда, ТСМ, времени, экономичнее вносить всю дозу за один прием.

К приемам снижения ресурсозатрат при известковании кислых почв следует отнести правильный выбор технологий применения известковых мелиорантов на сенокосах и пастбищах [4, 64, 91]. Известкование сенокосов и пастбищ, кроме повышения урожая сена и пастбищного корма, существенно обогащает почву кальцием и магнием, высокопотребляемых травами; снижает содержание подвижных алюминия, железа, марганца; улучшает физические свойства почвы. В дополнение к этому на лугопастбищных угодьях известкование снижает темпы вырождения травостоев, способствует повышению содержания в них ценных видов трав, питательной ценности корма за счет улучшения ботанического и химического состава, особенно в бобово-злаковых травосмесах.

Приоритеты в последние годы отдавались почвам пахотных угодий, поэтому уменьшение количества кислых почв на сенокосах и пастбищах шло более медленными темпами. Так как именно на почвах сенокосов и пастбищ в настоящее время складывается нулевой или даже слабо отрицательный баланс Са и Mg, то увеличение доли известкования кормовых угодий в общем объеме работ следует считать одним из наиболее перспективных направлений современных ресурсосберегающих технологий известкования почв.

Одной из дискуссионных проблем в теории и практике известкования является вопрос целесообразности поверхностного внесения извести на сенокосах и пастбищах. Такой способ внесения широко практиковался при известковании кормовых угодий, особенно в летнее время, по причине отсутствия доступных для данного мероприятия площадей на пашне в этот период и из-за трудностей, связанных с невозможностью ежегодных обработок почвы на них. Проведенные исследования убедительно свидетельствуют о необходимости тщательной заделки и максимально равномерного распределения извести в пахотном слое.

Для сенокосов и пастбищ характерен продолжительный сенокосный или пастбищный период без повторной обработки почв, поэтому при очередном залужении известкование кислых почв должно быть обязательным приемом. Особое внимание следует уделить равномерному распределению мелиоранта в пахотном слое. Не следует

вносить известь под вспашку, так как значительное ее количество оказывается заделанным слишком глубоко в почву, а верхний слой, в котором расположена основная масса корней трав, остается кислым. Опыты показывают, что наиболее рационально внесение извести под предпосевную культивацию. Возможно внесение известковых мелиорантов с последующей заделкой дисковой бороной в несколько следов.

Поверхностное известкование кормовых угодий в принципе недопустимо. Исключение – отдельные кислые участки пойменных лугов в зоне радиоактивного загрязнения, где проведение полноценного залужения затруднено [64].

В технологическом отношении известь на сенокосах и пастбищах вносится любыми разбрасывателями в любые сроки в период между запашкой предшествующего травостоя и предпосевной культивацией. На тех лугах, где необходимо выравнивание поверхности, известь вносят только после проведения планировки участка. Если перезалужается участок с маломощной дерниной и его вспашка не планируется, то известь вносится по дернине и заделывается дисковыми орудиями или фрезой. Известкование проводится по выровненному полю. Внесение извести в дозах более 10 т/га рекомендуется осуществлять в два приема: половина дозы – под вспашку, половина – под предпосевную культивацию.

Получение высокого эффекта от известкования на сильно- и среднекислых лугопастбищных угодьях малореально без внесения минеральных удобрений. Коэффициент их использования растениями существенно увеличивается после известкования. Использовать органические удобрения, тем более совместно с известью, на сенокосах и пастбищах нерационально, более целесообразно их использовать под полевыми культурами с высокой отзывчивостью на навоз.

Ряд научных и производственных организаций разрабатывают наиболее эффективные способы и технологии известкования, изучают оптимальные виды и дозы известковых удобрений. В табл. 21 представлены некоторые результаты подобных исследований.

**Эффективные технологии известкования
и дополнительные положительные результаты**

Название технологии	Краткая характеристика и положительный эффект
1	2
Способ внесения доломитовой муки дисковыми боронами	Имеет преимущество перед поверхностным внесением и внесением при плужной обработке, так как мука распределяется более равномерно. Весенние, осенние и зимние сроки внесения оказали равноценное действие на величину рН [92, 93]
Нейтрализация физиологической кислотности минеральных удобрений	На 1 т туков нужно дополнительно внести СаО, т: для аммиачной селитры – 0,42, мочевины – 0,67, аммиачной воды – 0,28, хлористого калия – 0,11 [92, 93]
Применение известкования и внесения удобрений	Внесение доломитовой муки в дозе 1,5 нормы г.к. создает высокий уровень обеспеченности темно-серой лесной почвы нитратным и аммиачным азотом, усиливает микробиологическую деятельность почвы, способствует увеличению продуктивности культур севооборота на 14,6%. Совместное применение минеральных удобрений с известкованием позволило повысить продуктивность севооборота на 42,6% [94]
Применение сыромолотого доломита, известковой муки, местного мела и дефеката	Энергозатраты на производство сыромолотого доломита на 50-55% ниже, чем доломитовой муки. Также снижаются потери Са и Mg от вымывания, уменьшается запыленность воздуха, обеспечивается возможность внесения любыми центробежными разбрасывателями. Даже с учетом пониженной нейтрализующей способности и повышенной влажности общие энергозатраты на весь комплекс работ по использованию сыромолотого доломита на 30% ниже, чем доломитовой муки [92]
Внесение куриного помета после известкования	Внесение доз помета в количестве 2-10 т/га повысило урожайность зерна яровой пшеницы как первой культуры на 22,6-61,1%, применение из-

1	2
	вестняковой муки на фоне применения разных доз куриного помета и в чистом виде повысило урожайность яровой пшеницы в прямом действии на 10,5-77,7%. Суммарная продуктивность возделываемых культур за три года исследований в зависимости от доз помета увеличилась на 15,4-42,7% на фоне без известкования и на 23,8-52,2% – на известковом фоне, что дало дополнительно 1,49-3,30 т/га зерновых единиц [95]
Использование конверсионного мела для поверхностного известкования многолетних трав	Внесение обеспечивает быструю нейтрализацию кислотности в пахотном слое почвы. По сравнению с природной известняковой мукой положительный эффект от использования конверсионного мела наступает раньше, но продолжительность его мелиоративного воздействия менее долговременна. Улучшаются условия роста и повышается продуктивность долголетних травостоев лядвенце-тимофеечной травосмеси в течение трёх лет, увеличивается доля бобовой культуры в травостое [96]. При проведении поверхностного известкования старовозрастных посевов лядвенца с тимофеевкой без заделки в почву уже к концу первого года взаимодействия мелиоранта с почвой происходит снижение кислотности почвы в слое 0-10 см. Ко второму году миграция оснований и нейтрализация кислотности до среднекислых значений pH происходит и в слое почвы 10-20 см. Глубина миграции карбоната кальция и величина его накопления в более глубоких слоях почвы выше при трехукосном использовании трав и зависит от развития корневых систем и плотности дернины [97]
Изучение влияния известкования на поглощение калия и кальция почвой и растениями	При увеличении содержания в почве обменного кальция снижается содержание обменной формы калия и повышается содержание необменной. Взаимовлияние данных показателей усиливается при внесении в почву кальцийсодержащих мелиорантов [98]

1	2
Изучение влияния известкования на микробиоту почвы	Стимулирующее влияние на численность протоплазматических, амебных и диатомовых микроорганизмов оказывает доза извести, рассчитанная по 1,5 г.к. на фоне минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$. Относительно контроля средняя численность аммонификаторов возрастает в 2 раза, бактерий, использующих минеральный азот – в 1,7 раза, азотфиксаторов – в 1,5 раза. Численность микромицетов снижается в 2 раза на вариантах использования извести в дозе 1 г.к. и 1,5 г.к. – по фону минеральных удобрений относительно контроля [99]
Технология известкования местными известняковыми материалами в Белгородской области	Используются дефекат (отход сахароварения) и мел. Наибольший эффект достигается при совмещении известкования с удобрением органикой. Рост урожайности составляет: озимой пшеницы – 3-7 ц/га, ячменя – 2-5, сахарной свеклы – 40-100, люцерны (сена) – 7-15, кукурузы (на силос) – 30-70 ц/га [100]
Энергосберегающая технология восстановления залежных земель	Первый этап – первичная обработка по разрушению дернины, второй – восстановление плодородия. Использование почвообрабатывающего агрегата УКПА-2,4. Уменьшение затрат энергии на 273,5 МДж/га, расхода топлива – на 3,4 кг/га и трудозатрат – на 0,39 чел.-ч по сравнению с рекомендуемой технологией [101]
Технология сохранения плодородия почв Сибирского региона	Включает в себя рациональное территориально-зональное размещение отраслей полеводства, инвестиции в интенсивные системы земледелия, химизации и мелиорации, освоение местных агроресурсов. Способствует устранению деградации почв, сохранению и повышению плодородия почв [102]
Технология известкования с применением фосфорных и цинковых удобрений	Известкование большой дозой – 1,5 г.к. Экономия фосфорных удобрений – 25%. Урожайность озимой пшеницы увеличивается на 30% [103]

1	2
Технология известкования черноземов	Известкование проводится кальциевым мелиорантом на 12-й год последствий. Способствует накоплению большего количества кальция по сравнению с неизвесткованными вариантами, увеличению процента содержания гумуса [60]
Технология известкования черноземов	В качестве мелиоранта применяется доломитовая мука. Улучшаются структура и физические свойства чернозема выщелоченного [104]
Технология известкования дренируемых минеральных почв	Учитывает вынос кальция и магния с дренажным стоком. В качестве известковых материалов, содержащих магний, используют местные материалы (известняки доломитизированные и доломиты, отходы местной промышленности). Реализация осуществлена на примере мелиоративного объекта «Вяхирево» (Тверская область) [105]
Технология известкования с применением фосфорных и цинковых удобрений	Известкование большой дозой – 1,5 г.к. Вынос фосфора растениями зернотравяного севооборота (6 лет) за счет известкования повышается на 42%. Улучшается фосфатный режим дерново-подзолистой, слабооккультуренной, тяжелосуглинистой почвы, повышается подвижность фосфатов. Экономия фосфорных удобрений – 25%. Урожайность озимой пшеницы увеличивается на 30%. При внесении цинка на известкованной почве получают большие прибавки урожая озимой пшеницы, чем на неизвесткованной [106]
Технология известкования черноземов	Внесение минеральных удобрений на фоне последствий органических приводит к подкислению почвы и ее обеднению основаниями тем сильнее, чем выше была доза минеральных удобрений. Известкование проводится кальциевым мелиорантом. Благоприятное действие дефеката заканчивается через 12 лет. Известкование на 12-й год последствий способствует накоплению большего количества кальция по сравнению с неизвесткованными вариантами, увеличению процента содержания гумуса, его запасов [60, 107-108]

Анализ информационных источников подтвердил, что при внесении известковых удобрений особое внимание нужно обращать на способ заделки, влажность и тип почвы. Для повышения плодородия почвы и эффективности известкования перспективно использование местных известковых удобрений, органики. Известкование способно значительно повысить мобилизационную способность почв и обеспечить увеличение численности протеолитических, амилолитических и диазотрофных микроорганизмов, улучшающих состав почвенной микробиоты. Эффективность, инновации и ресурсосбережение при проведении известкования кислых почв обеспечиваются использованием местных известняковых материалов; рациональным применением очередности при известковании полей севооборота; совмещением известкования с внесением удобрений; использованием современного почвообрабатывающего оборудования; инвестициями в интенсивные системы земледелия, химизации и мелиорации.

Основными в современной ресурсосберегающей системе известкования являются следующие положения [4]: приоритетное известкование пахотных почв I и II групп кислотности; почв сенокосов и пастбищ – при их залужении и перезалужении; допустимость поддержания известкования в зимний период; гибкое использование технологий внесения извести (прямоточная, перегрузочная, перевалочная) в зависимости от вида мелиоранта и расстояния между пунктом концентрирования известкового удобрения и известкуемым полем; обеспечение максимально возможной равномерности распределения известкового мелиоранта по поверхности поля посредством строгого соблюдения рекомендуемой ширины прохода агрегатов; ускоренная оптимизация реакции почв, загрязненных радионуклидами; дополнительное использование менее энергоемких мелиорантов: сыромолотого доломита, дефеката, местного мела и др.; использование оптимальных доз известковых мелиорантов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Известкование является важнейшим безальтернативным приемом повышения плодородия почв и получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Известковые удобрения, обеспечивая нейтрализацию избыточной кислотности почв, улучшают коэф-

фициенты использования питательных веществ из минеральных и органических удобрений, способствуют стабилизации агроэкосистем, оптимизируют условия функционирования почвенной биоты, обеспечивают геохимический барьер для вымывания подвижных элементов почв.

В настоящее время возникла острая необходимость возобновления известкования почв как составной части высокоэффективных систем земледелия и доведения вносимых известковых мелиорантов по количеству и периодичности до оптимального уровня. Регулярное известкование является важнейшим агрономическим, природоохранным, энерго- и ресурсосберегающим мероприятием, без которого невозможно обеспечить высокую и устойчивую продуктивность сельскохозяйственных угодий. По экспертным оценкам, ежегодный недобор урожая в Российской Федерации из-за избыточной кислотности почв составляет порядка 16-18 млн т зерновых единиц, а в краткосрочной перспективе может возрасти до 20-22 млн т.

Существующие в данный момент низкие темпы известкования почв обусловлены, прежде всего, недостаточностью комплексных мер государственной поддержки этого мероприятия, что вынуждает заинтересованных сельхозтоваропроизводителей нести высокие затраты при его реализации. Сгладить данную проблему представляется возможным за счет использования более дешевых видов известковых удобрений. Так, например, использование известняковой муки из малопрочных пород и известьсодержащих отходов промышленности позволяет при равном эффекте с известняковой пылевидной мукой из высокопрочных пород на 30-40% сократить общий объем затрат.

Не уступают по эффективности известняковой муке и даже превосходят ее при определенном гранулометрическом (степень помола не более 1 мм) и минералогическом составе металлургические шлаки, имеющие более высокую нейтрализующую способность и растворимость кальция и магния при стекловидной структуре.

В зонах расположения сахарных заводов наиболее ценным в экономическом плане является такой известковый мелиорант, как дефека́т, не уступающий по влиянию на почвенную кислотность и продуктивность сельскохозяйственных растений доломитовой муке. При этом дефека́т очень перспективен на кислых почвах с высоким содержанием обменного калия, так как способен улучшить структуру почвенно-поглощающего комплекса.

Зарубежный опыт подтверждает высокую целесообразность применения известьсодержащих отходов промышленности в качестве известковых удобрений. Так, например, в Германии 75% ассорти-

мента известковых мелиорантов представлены различными видами металлургических шлаков. Вместе с тем стоит отметить, что современный уровень исследованности проблем вероятной токсичности многих элементов, содержащихся в отходах промышленности, недостаточно высок, и об их поведении в почве и попадании в растения не редко судят по аналогии с другими веществами.

Перспективным мелиорантом для поддерживающего известкования почв сельскохозяйственных угодий является сыромолотый доломит, обеспечивающий большую длительность и постепенность взаимодействия с почвой, снижение потерь кальция и магния. При этом по влиянию на продуктивность растений сыромолотый доломит обычно не уступает доломитовой муке, за исключением наиболее кальциелюбивых культур типа люцерны, а на кальциефобных культурах может даже иметь преимущество. Необходимо обратить внимание, что наибольшим эффектом и быстрым действием характеризуется сыромолотый доломит с частицами размером менее 1 мм.

Отдельно стоит отметить перспективы использования суспензированной извести, которая, по некоторым оценкам, имеет преимущества перед сухими формами известковых удобрений, выраженные в повышении равномерности распределения, ускорении достижения оптимального уровня pH, ликвидации сноса частиц извести ветром. Имеющиеся исследования показали, что эффективность применения таких известковых мелиорантов определяется, прежде всего, тонинной помола известняка для суспензирования.

Многочисленные исследования, выполненные как на территории России, так и за рубежом, не выявили существенных различий между осенним, весенним и зимним периодами известкования. Общей рекомендацией здесь является обеспечение высокого качества рассева известковых удобрений, достигаемого, в частности, благодаря использованию современных средств механизации и подбору оптимальных регулировок.

При внесении известковых удобрений особое значение имеют способ заделки, влажность и тип почвы. Известкование способно значительно повысить мобилизационную способность почв и обеспечить увеличение численности протеолитических, амилолитических и диазотрофных микроорганизмов, улучшающих состав почвенной микробиоты. Эффективность, инновации и ресурсосбережение при проведении известкования кислых почв обеспечиваются использованием местных известняковых материалов; рациональным применением очередности при известковании полей севооборота;

совмещением известкования с внесением удобрений; использованием современного почвообрабатывающего оборудования; инвестициями в интенсивные системы земледелия, химизации и мелиорации.

В настоящее время имеется достаточное количество отечественных технических средств для внесения известковых материалов, отвечающих современным требованиям к технике, многие способны взаимодействовать с навигаторами, обеспечивая наиболее точное соблюдение технологии и норм внесения, все они могут быть рекомендованы для реализации технологий известкования. Для обеспечения наибольшей эффективности известкования в рамках импортзамещения целесообразно выпускать отечественные высокопроизводительные телескопические погрузчики, которые в основном представлены импортной техникой типов SCORPION 1033-635, JCB 560-80. Реализация перегрузочной технологии в настоящее время практически не находит применения из-за недостатка перегрузчиков, по данному сегменту также крайне необходимы разработка и выпуск отечественных технических средств.

Для обеспечения продовольственной независимости и стабильного роста производства сельскохозяйственной продукции за счет повышения урожайности производителям технических средств для внесения извести необходимо внедрять и модернизировать отечественную технику, а сельхозпроизводителям – вносить известковые материалы, максимально избегая технологических нарушений, обуславливающих недостаточную эффективность известкования в производственных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шильников И.А., Сычев В.Г., Зеленов Н.А., Аканова Н.И., Федотов Л.С. Известкование как фактор урожайности и почвенного плодородия. – М.: ВНИИА, 2008. – 340 с.
2. Витковская С.Е. Методы оценки эффективности и экологической безопасности химических мелиорантов. – СПб: АФИ, 2017. – 76 с.
3. Небольсин А.Н., Небольсина З.П. Теоретические основы известкования почв. – СПб: ЛНИИСХ, 2005. – 252 с.
4. Клебанович Н.В., Василюк Г.В. Известкование почв Беларуси. – Минск: БГУ, 2003. – 322 с.
5. Шильников И.А., Лебедева Л.А. Известкование почв. – М.: Агропромиздат, 1987. – 171 с.
6. Нурлагаянов Р.Б., Гиниятова Ф.Ф., Зайнагабдинов А.Ф., Хаернасов И.И. Известкование кислых почв: прошлое и настоящее // Вестник БГАУ. – 2021. – № 1. – С. 34-41.

7. **Небольсин А.Н., Небольсина З.П.** Известкование почв (результаты 50-летних полевых опытов). – СПб: ГНУ ЛНИИСХ Россельхозакадемии, 2010. – 254 с.

8. **Кишляк И.В., Мельникова Н.В., Рожмина Т.А.** Механизмы адаптации льна-долгунца к повышенной кислотности почвы (обзор) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2020. – Т. 181. – № 4. – С. 205-212.

9. **Яковлева Л.В.** Экологические аспекты известкования дерново-подзолистых почв северо-запада России: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – СПб: – Пушкин, 2009. – 45 с.

10. **Шильников И.А., Ермолаев С.А., Аканова Н.И.** Баланс кальция и динамика кислотности пахотных почв в условиях известкования. – М.: ВНИИА, 2006. – 155 с.

11. **Шильников И.А., Гришин Г.Е., Аканова Н.И., Зеленев Н.А., Тетеников В.Н.** Некоторые аспекты проблемы известкования кислых почв в современных условиях // Нива Поволжья. – 2011. – № 1 (18). – С. 87-92.

12. **Шильников И.А.** [и др.]. Рекомендации по известкованию кислых почв. – М.: Колос, 1982. – 38 с.

13. **Чуян О.Г.** База данных для регулирования физико-химических свойств кислых почв в адаптивно-ландшафтном земледелии (для Центрального Черноземья). – Курск: ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2012. – 70 с.

14. **Филиппова Т.Е.** [и др.]. Известкование осушенных кислых почв: реком. – Калинин: ВНИИМЗ, 1987. – 33 с.

15. Методические рекомендации по проведению химической мелиорации почв земель сельскохозяйственного назначения Курганской области. – Шадринск: ФГБУ САС «Шадринская», 2019. – 32 с.

16. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации (утверждена Указом Президентом Российской Федерации 21 января 2020 года № 20). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 23 с.

17. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71451998/> (дата обращения: 06.07.2021).

18. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2019 году. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 404 с.

19. Национальный доклад «О ходе и результатах реализации в 2019 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия». – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 154 с.

20. Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации 14 мая 2021 года № 731) [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/400773886/> (дата обращения: 06.07.2021).

21. Дмитрий Патрушев представил меры по обеспечению плодородия сельхозземель на заседании Президиума Совета законодателей РФ

[Электронный ресурс]. URL: <https://mcx.gov.ru/press-service/news/dmitriy-patrushev-predstavil-mery-po-obespecheniyu-plodorodiya-selkhozemel-na-zasedanii-prezidiuma-//> (дата обращения: 20.03.2021).

22. **Овчаренко М.М., Некрасов Р.В., Аканова Н.И., Прудников П.В., Осипов А.И.** Приемы повышения плодородия почв (известкование, фосфорирование, гипсование): науч.-метод. реком. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 116 с.

23. **Колганов А.В., Сухой Н.В., Шкура В.Н., Щедрин В.Н.** Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в России. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 222 с.

24. **Осипов А.И.** Современные подходы к известкованию кислых почв: матер. Междунар. науч. конф. «V Лужские научные чтения. Современное научное знание: теория и практика. – СПб: ЛГУ имени А.С. Пушкина, 2017. – С. 17-22.

25. **Литвинович А.В.** История известкования почв // Агрофизика. – 2014. – № 2. – С. 45-51.

26. Площади кислых почв пахотных угодий в РФ [Электронный ресурс]. URL: <http://gov.cap.ru/content2019/news/201911/20/gcas/nekrasovrv19112019.pdf> (дата обращения: 01.04.2021).

27. Агропромышленный комплекс России в 2019 году. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 564 с.

28. Охрана окружающей среды в России. 2020: стат. сб. – М.: Росстат, 2020. – 113 с.

29. **Яковлева О.В.** Фитотоксичность ионов алюминия // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2018. – Т. 179. – № 3. – С. 315-331.

30. **Бакина Л.Г., Чугунова М.В., Зайцева Т.Б., Небольсина З.П.** Влияние известкования на комплекс почвенных микроорганизмов и гумусовое состояние дерново-подзолистого почв в многолетнем опыте // Почвоведение. – 2014. – № 2. – С. 225-234.

31. **Небольсин А.Н.** [и др.]. Эколого-экономические основы и рекомендации по известкованию, адаптированные к конкретным почвенным условиям. – М.; СПб: ЦИНАО, 2000. – 80 с.

32. **Козловский Е.В., Небольсин А.Н., Алексеев Ю.В., Чуриков П.А.** Известкование почв. Л.: Колос, 1983. – 286 с.

33. Белая книга экономических реформ [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: http://www.redov.ru/politika/belaja_kniga_yekonomicheskie_reformy_v_rossii_1991_2001/p7.php; <https://mcx.gov.ru/press-service/news/> (дата обращения: 14.10.2020).

34. **Фирсов С.А.** Оценка плодородия почв Тверской области в зависимости от известкования // Агрохимический вестник. – 2010. – № 6. – С. 25-27.

35. **Аканова Н.И., Шильников И.А.** Проблема химической мелиорации почв в земледелии Российской Федерации // Плодородие. – 2018. – № 2. – С. 9-11.

36. Сельхозпредприятия Томской области, занимающиеся известкованием почв, получают господдержку [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: <https://mcx.gov.ru/press-service/regions/selkhozpredpriyatiya-tomskoy-oblasti-zanimayushchiesya-izvestkovaniem-pochv-poluchat-gospodderzhku/> (дата обращения: 16.09.2020).

37. У тамбовских производителей интерес к известкованию кислых почв с господдержкой [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: <https://mcx.gov.ru/press-service/regions/u-tambovskikh-selkhozproizvoditeley-rastet-interes-k-izvestkovaniyu-kislykh-pochv-s-gospodderzhkoy/> (дата обращения: 16.09.2020).

38. В Калининградской области проводится известкование кислых почв с господдержкой [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: <https://mcx.gov.ru/press-service/regions/v-kaliningradskoy-oblasti-provoditsya-izvestkovanie-kislykh-pochv-s-gosudarstvennoy-podderzhkoy/> (дата обращения: 16.09.2020).

39. В Рязанской области началась работа по повышению плодородия почв [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: <https://mcx.gov.ru/press-service/regions/v-ryazanskoy-oblasti-nachalas-rabota-po-povysheniyu-plodородiya-pochv/> (дата обращения: 16.09.2020).

40. В 2020 году в Иркутской области планируется произвести миллион тонн зерна [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: <https://mcx.gov.ru/press-service/regions/v-2020-godu-v-irkutskoy-oblasti-planiruetsya-proizvesti-million-tonn-zerna/> (дата обращения: 16.09.2020).

41. **Самсонова Н.Е.** Технологические основы применения удобрений: учеб. пособ. – Смоленск: ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА», 2014. – 244 с.

42. **ГОСТ 14050-93** Мука известняковая (доломитовая). Технические условия. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 10 с.

43. Справочник агронома Нечерноземной зоны / под ред. Г.В. Гуляева. – М.: Агропромиздат, 1990. – 575 с.

44. **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.

45. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. – Часть II: Агрохимикаты. – М.: Минсельхоз России, 2021. – 54 с.

46. **Авдонин Н.С.** Вопросы земледелия на кислых почвах. – М.: Сельхозгиз, 1957. – 288 с.

47. **Аканова Н.И.** Агроэкологическая и энергетическая эффективность сочетания известкования с минеральными удобрениями: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – М.: ВИУА, 2001. – 45.

48. **Прокина Л.Н.** Зависимость урожайности и качества зерна сои от макро- и микроудобрений на фоне известкования // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – № 21 (4). – С. 417-424.

49. **Захаров Н.Г., Касимов И.Р., Захарова Н.Н., Пятова А.А., Залалов А.М.** Влияние прямого действия и последействия известкования почвы на урожайности зерна сельскохозяйственных культур // Инновации в науке и практике: сб. статей по матер. XIV Междунар. науч.-практ. конф. (г. Барнаул, 18 февраля 2019 г.). – Уфа: ООО «Дендра», 2019. – С. 180-186.

50. **Лысенко Н.Н., Береговая Ю.В., Тычинская И.Л., Ботуз Н.И.** Влияние известкования на засоренность сои и эффективность гербицидных обработок // Вестник Курской ГСХА. – 2018. – № 5. – С. 80-85.

51. **Леонов С.Н.** Влияние известкования на урожайность и качество зерна сои в условиях Орловской области // Вестник аграрной науки. – 2021. 1(88), Февраль. – С. 159-164.

52. **Прокочук В.Ф.** Сравнительная характеристика воздействия извести на свойства почв восточной буроземно-лесной области // Дальневосточный аграрный вестник. – 2019. – № 3. – С. 10-19.

53. **Короткова З.П., Коротков А.В.** Роль известкования в получении стабильного урожая хмеля // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2018. – № 20. – С. 12-14.

54. **Мацнев И.Н.** Влияние известкования и минеральных удобрений на свойства выщелоченного чернозема и урожайность ячменя в вегетационном опыте // Наука и образование. – 2020. – Т. 3. – № 3. – С. 301-308.

55. **Фигурин В.А., Кислицына А.П.** Влияние поверхностного известкования, всеа клеверо-тимофеечной смеси в старовозрастной травостой лядвенца рогатого на сохранение его продуктивности // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2019. – № 4 (29). – С. 48-53.

56. **Кузьменко Н.Н.** Влияние известкования на показатели плодородия дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы // Агрохимия. – 2019. – № 10. – С. 35-38.

57. **Иванова Е.П., Яюк Л.Г.** Оценка эффективности применения различных известковых материалов при возделывании люцерны изменчивой // Междунар. науч.-исслед. журнал. – 2021. – № 2-1 (104). – С. 154-158.

58. **Науменко А.В., Ковшик И.Г.** Эффективность известкования при разном уровне содержания подвижного фосфора // Современные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии: сб. науч. ст. по матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти почвовед-агрохимика канд. с.-х. наук, доцента В.Ф. Прокочук. – Благовещенск, 2019. – С. 104-110.

59. **Ушаков Р.Н., Нефедов А.В., Иванникова Н.А.** Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистых почв в процессе длительного сельскохозяйственного использования // Вестник РГАТУ. – 2017. – № 3 (35). – С. 78-83.

60. **Гасанова Е.С., Кожокина А.Н., Мязин Н.Г., Стекольников К.Е.** Изменение показателей ППК и гумусного состояния чернозема выщелоченного при многолетнем внесении удобрений и известковании // Вестник Воронежского ГАУ. – 2018. – № 4 (59). – С. 13-21.

61. **Кожокина А.Н.** Динамика физико-химических свойств чернозема выщелоченного в звене зернопаропропашного севооборота под влиянием удобрений и известкования // Инновационные технологии и технические средства для АПК: матер. Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов, 2019. – С. 130-135.

62. **Зинченко М.К.** Влияние известкования на активность окислительно-восстановительных ферментов в серой лесной почве // Современные тенденции в научном обеспечении АПК Верхневолжского региона. Коллективная монография: в 2 т. / ФГБНУ «Верхневолжский аграрный научный центр». – Иваново, 2018. – С. 319-325.

63. **Ратников А.Н., Попова Г.И., Свириденко Д.Г., Арышева С.П., Суслов А.А., Петров К.В., Торшин С.П.** Реабилитационные мероприятия

на сельскохозяйственных угодьях, подвергшихся радиоактивному загрязнению // Известия ТСХА. – 2019. – Вып. 2. – С. 18-34.

64. **Лапа В.В.** [и др.]. Система применения удобрений: учеб. пособ. – Гродно: ГГАУ, 2011. – 418 с.

65. **Небольсин А.Н.** Теоретическое обоснование известкования почв Северо-Запада Нечерноземной зоны РСФСР: автореф. дисс. ... д-ра с.-х. наук. – Л., 1983. – 38 с.

66. **Иванов А.Л., Столбовой В.С., Гребенников А.М., Оглезнев 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.

67. **Eckert D.J., McLean E.O.** Basic cation saturation ratios as a basis for fertilizing and liming agronomic crops. 1. Growth chamber studies // Agronomy J. – 1981. – V. 73. – № 5. – P. 795-799.

68. Современные подходы к известкованию почв в интенсивном земледелии Германии. – М., 1991. – 13 с.

69. **Шеуджен А.Х., Кизинек С.В., Лебедевский И.А., Бондарева Т.Н., Осипов М.А.** Технология применения агрохимических средств и техника безопасности при работе с ними. – Майкоп: Полиграф-ЮГ, 2017. – 56 с.

70. Вагон-цистерна для перевозки цемента (модель 15-1267) [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: <https://old.rmrail.ru/catalogue/gruzovye-vagony/prochie-modeli/vagon-tsisterna-dlya-perevozki-tsementa-model-15-1267/> (дата обращения: 01.04.2021).

71. Вагон-хоппер для перевозки минеральных удобрений (модель 19-1244) [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: <https://old.rmrail.ru/catalogue/gruzovye-vagony/xoppery/vagon-khopper-dlya-perevozki-mineralnykh-udobreniy-model-19-1244/> (дата обращения: 01.04.2021).

72. Распределитель доломитовой муки и минеральных удобрений УРМ-10М [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: <https://pkayar.ru/production/mashiny-dlya-vneseniya-udobrenij/dlya-mineralnyh-udobrenij/raspredelitel-dolomitovoy-muki-i-mineralnyh-udobreniy-urm-10m/> (дата обращения: 01.04.2021).

73. Техника для внесения минеральных удобрений [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: <http://www.belrusagro.com/techno/catalog/543/962/> (дата обращения: 01.04.2021).

74. Техника для внесения минеральных удобрений [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: <http://www.belrusagro.com/techno/catalog/543/421/> (дата обращения: 01.04.2021).

75. Рассеиватель минеральных удобрений РУ [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: <http://belselhozsnab.ru/tekhnika-dlya-vneseniya-udobrenij/rasseivatel-mineralnykh-udobrenij-rmu-8000.htm> (дата обращения: 01.04.2021).

76. Рассеиватель минеральных удобрений РМУ-8000 [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: <http://www.belrusagro.com/techno/catalog/543/423/> (дата обращения: 01.04.2021).

77. Погрузчик-экскаватор грейферный ПЭ-Ф-1Б/БМ [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: <https://xn--80abmklhfco0af2g4b.xn--p1ai/production/9-pe-f-1b-bm/> (дата обращения: 01.04.2021).

78. Погрузчик навесной быстросъемный ПНБ-1200 «Геракл» [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: <https://pkyar.ru/production/pogruzchiki/pogruzchiki-pnb-1200-gerakl/pogruzchik-navesnoy-bystrosemyy-pnb-1200-gerakl/> (дата обращения: 01.04.2021).

79. Погрузчик навесной быстросъемный ПНБ-1200 «Геракл» [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: <https://salskselmash.ru/catalog/pogruzochnoe-oborudovanie/frontalnyy-byistrosemyy-pogruzchik-turs-2000> (дата обращения: 01.04.2021).

80. Погрузчик-стогометатель СНУ-550 [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: <https://salskselmash.ru/catalog/pogruzochnoe-oborudovanie/pogruzchik-stogometatel-snu-550> (дата обращения: 01.04.2021).

81. SCORPION 960-635 [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: <https://www.claas.tm/cl-pw-ru/produktiya/teleskopicheskiye-pogruzchiki/scorpion960-635> (дата обращения: 01.04.2021).

82. Телескопический погрузчик JCB 560-80 [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: <https://lonmadi.ru/catalog/jcb/teleskopicheskie-pogruzchiki/560-80.html> (дата обращения: 01.04.2021).

83. Сельскохозяйственный погрузчик. Источник: АгроБаза <https://www.agrobase.ru> [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery_f92336a9-bb8d-4382-8d8f-248fb4896c25 (дата обращения: 01.04.2021).

84. **Окорков В.В.** Основные направления исследований по известкованию кислых почв // Владимирский земледелец. – 2011. – № 4 (58). – С. 17-22.

85. **Тиво П., Соловцов Н., Лопатнюк А., Лопатнюк Л.** Оценка влияния агрохимической мелиорации на повышение эффективности малопродуктивных кислых почв // Аграрная экономика. – 2019. – № 8. – С. 64-72.

86. **Лукманов А.А., Нуриев С.Ш., Гайров Р.Р.** Известкование кислых почв в условиях ресурсосберегающих технологий их обработки // Агрохимический вестник. – 2011. – № 5. – С. 33-35.

87. **Galler Y.** Trocken oder feucht? // Blick ins Land. – 2000. – № 9. – Рр. 28-29.

88. **Френкель М.Б.** Применение расчетного метода для определения влияния неравномерности внесения извести на урожай сельскохозяйственных культур // Химия в сел. хоз-ве. – 1982. – Вып. 20. – № 5. – С. 10-13.

89. **Ignotas V.** Panamarioviene A. Klintmilciu doses ir ju paskirstymas lengvose dirvose // Moksliniu straipsniu rinkinys. Vilnius, 1992. – P. 34-43.

90. **Schechtner G.** Wirksamkeit der Kalkdungung auf Grünland // Boden-kultur. – 1993. – Bd. 44. – № 2. – P. 135-152.

91. **Фаринюк Ю.Т.** Экономическая эффективность использования технических средств для внесения минеральных удобрений. – Тверь: Агросфера, ТГСХА, 2006. – 157 с.

92. **Тиво П.Ф., Филиппов В.Н.** К вопросу известкования кислых почв // Мелиорация. – 2018. – № 2 (84). – С. 33-42.

93. **Кулаковская Т.Н.** Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев. – Минск: Ураджай, 1978. – 272 с.

94. **Свирина В.А., Артюхова О.А.** Азотный режим и биологическая активность почвы под влиянием известкования и удобрений // Плодородие. – 2019. – № 5. – С. 3-5.

95. **Чекаев Н.П., Леснов А.В.** Продуктивность сельскохозяйственных культур в зависимости от применения куриного помета и известкования // Наука и образование. – 2020. – Т. 3. – № 2. – С. 114-122.

96. **Кислицына А.П.** Использование конверсионного мела для поверхностного известкования многолетних трав // Утилизация отходов производства и потребления: инновационные подходы и технологии: матер. II Всеросс. науч.-практ. конф. – Киров, 2020. – С. 234-240.

97. **Кислицына А.П.** Опыт поверхностного известкования карбонатом кальция химического синтеза старовозрастных посевов бобово-злаковых травостоев // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: матер. XVI Всеросс. науч.-практ. конф. с международным участием / Отв. ред. Т.Я. Ашихмина. – Киров: Вятский ГУ, 2018. – С. 301-303.

98. **Мязин Н.Г.** Оптимизация калийного состояния чернозема, выщелоченного при многолетнем применении удобрений и мелиоранта под сахарную свеклу в условиях лесостепи ЦЧЗ / Н.Г. Мязин, А.Н. Кожокина, П.Т. Брехов // Экология и биология почв: матер. конф., посвящ. 100-летию Южного федерального университета и 80-летию Академии биологии и биотехнологии. – Ростов-на-Д.: ЮФУ, 2014. – С. 440-443.

99. **Зинченко М.К., Зинченко С.И.** Влияние известкования на численность эколого-трофических групп микроорганизмов в серой лесной почве // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 7. – С. 43-47.

100. **Соколов М.С.** Оздоровление почвы и биологизация земледелия – важнейшие факторы оптимизации экологического статуса агрорегиона (Белгородский опыт) // Агрохимия. – 2019. – № 11. – С. 3-16.

101. **Джаббаров Н.И., Шамонин В.И., Сергеев А.В.** Энергосберегающая технология восстановления залежных земель // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2018. – № 97. – С. 149-160.

102. **Гамзиков Г.П.** Условия и факторы сохранения плодородия почв и получения стабильных урожаев полевых культур в сибирском земледелии // Плодородие почв и оценка продуктивности земледелия: матер. науч.-произв. конф. с междунар. участием, VIII Сибирские Прянишниковские агрохимические чтения (16-20 июля 2018 г.). – Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2018. – С. 47-57.

103. **Кирпичников Н.А., Бижан С.П.** Фосфатный режим при известковании дерново-подзолистий почвы и эффективность фосфорных и цинковых удобрений // Плодородие почв России: состояние и возможности: сб. статей (к 100-летию со дня рождения Тамары Никандровны Кулаковской) / под ред. В.Г. Сычева. – М.: Всеросс. науч.-исслед. ин-т агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2019. – С. 50-56.

104. **Биккинина Л.М.Х., Алиев Ш.А., Миннуллин Р.М.** Известкование как фактор структурообразования почвы // Состояние и динамика плодородия почв в связи с продуктивностью земледелия: матер. IX Междунар. симпозиума НП «Содружество учёных агрохимиков и агроэкологов» / под ред. В.Г. Сычева, 2017. – С. 83-89.

105. **Корнейко Н.И., Поддубный А.С.** Программа известкования кислых почв Белгородской области // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 12. – С. 17-19.

106. Кирпичников Н.А., Бижан С.П. Фосфатный режим при известковании дерново-подзолистой почвы и эффективность фосфорных и цинковых удобрений // Плодородие почв России: состояние и возможности: сб. статей (к 100-летию со дня рождения Тамары Никандровны Кулаковской) / под ред. В.Г. Сычева. – М.: ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2019. – С. 50-56.

107. Миллер С.С., Фисунов Н.В., Федоткин В.А., Рзаева В.В. Предпосевная, послепосевная, основная обработка почвы и посев сельскохозяйственных культур в Тюменской области. – Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2020. – 140 с.

108. Гушенская Н.Д., Анфалова А.Ю. Качественная оценка использования земли в сельскохозяйственном производстве Курганской области // Современные достижения аграрной науки: науч. тр. Всеросс. (национальной) науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию д-ра с.-х. наук, проф., чл.-корр. РАН Н.К. Мазилова (2 ноября 2020 г.). – Казань: Казанский ГАУ, 2020. – С. 353-359.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	3
1. СОСТОЯНИЕ ИЗВЕСТКОВАНИЯ ПОЧВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	6
2. КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗВЕСТКОВЫХ УДОБРЕНИЙ	12
3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗВЕСТКОВАНИЯ ПОЧВ ..22	
3.1. Чувствительность растений к кислотности почвы	22
3.2. Оптимальные показатели почв.....	27
3.3. Определение норм внесения известковых удобрений	32
3.4. Определение полей севооборота и сроков внесения известковых материалов	36
3.5. Сочетание известкования почв с применением удобрений.....	41
3.6. Известкование почв в севооборотах	42
3.7. Повторное известкование почв	45
3.8. Поддерживающее известкование почв	48
3.9. Переизвесткование почв	50
4. МАШИННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗВЕСТКОВАНИЯ ПОЧВ.....	52
5. РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ И ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЕСТКОВАНИЯ ПОЧВ	72
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	84
Литература	87

Николай Васильевич Алдошин
(ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. Тимирязева»);
Александр Сергеевич Васильев,
Вячеслав Викторович Голубев,
Илья Александрович Дроздов
(ФГБОУ ВО «Тверская ГСХА»);
Николай Петрович Мишуров,
Людмила Алексеевна Неменушая
(ФГБНУ «Росинформагротех»);
Наталья Анатольевна Пискунова,
Павел Дмитриевич Осмоловский,
Александра Анатольевна Манохина
(ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. Тимирязева»)

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЕСТКОВАНИЯ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ**

Аналитический обзор

Редактор *И.В. Горбенко*
Обложка художника *П.В. Жукова*
Компьютерная верстка *А.Г. Шалгинских*
Корректоры: *С.И. Ермакова, О.С. Савостикова*

fgnu@rosinformagrotech.ru

Подписано в печать 08.09.2021 Формат 60×84/16
Печать офсетная Бумага офсетная Гарнитура шрифта «Times New Roman»
Печ. л. 6,0 Тираж 500 экз. Изд. заказ 410 Тип. заказ 675

Отпечатано в типографии ФГБНУ «Росинформагротех»,
141261, пос. Правдинский Московской обл., ул. Лесная, 60

ISBN 978-5-7367-1654-8



ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ НА ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ МИНСЕЛЬХОЗА РОССИИ

В Информационном бюллетене Министерства сельского хозяйства России узнаете:

- о проведении аграрной политики страны;
- о мерах государственной поддержки аграриев;
- о развитии аграрного производства в регионах;
- о новых агротехнологиях и достижениях науки и техники;
- о новом в жизни сельских территорий.

В приложении – документы Правительства России и Минсельхоза России.

Подписку можно оформить через редакцию.

Стоимость подписки на 2021 г. с учетом доставки по Российской Федерации – 5289,24 руб. с учетом НДС (10%); за полугодие – 2644,62 руб. с учетом НДС (10%)

Телефоны для справок:

8 (496) 531-19-92,

(495) 993-55-83,

(495) 993-44-04.

e-mail: market-fgnu@mail.ru



